RADIO UND FERNSEHEN

ZEITSCHRIFT FÜR RADIO, FERNSEHEN, ELEKTROAKUSTIK UND ELEKTRONIK

4. JAHRG. 

APRIL 1955



VERLAG DIE WIRTSCHAFT BERLIN W 8

Aus dem Inhalt

Titelbild:

Schaltarbeiten an einem empfindlichen Schleifvariometer mit zwei Konzentrationsringen. Die Abstimmaggregate werden in der Montage zusammengeschaltet und durchgemessen. (Siehe Beitrag Großsenderbau im VEB Funkwerk Köpenick, Seiten 192 bis 194). Aufnahme: Blunck

Die Kurzwellenausbreitung vom 15. 2. bis 15. 3. 1955 und Vorschau für April 1955

Herausgegeben vom Heinrich-Hertz-Institut der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin

Ausbreitungsbericht

Im Berichtszeitraum wurden einige Ionosphärenstörungen beobachtet. Am 24. 2. mittags, am 26. und 27. 2. morgens, am 28. 2. morgens und in der Nacht zum 1. 3., am 3. 3. nachmittags, in den Nächten vom 8. zum 9. 3. und vom 10. zum 11. 3. lagen die Grenzfrequenzen der F_2-Schicht merklich unter dem vorhergesagten Mittelwert. Am 12. 3. setzte eine stärkere Störung ein, die am 13. 3. etwas nachließ und am 14. 3. wieder sehr kräftig wurde, um am 15. 3. allmählich abzuklingen. Es handelt sich dabei vermutlich um die Wiederholung der Störungen vom 18. 1. und 14. 2., wobei der Abstand zwischen zwei Störungen 27 Tage betrug, eine Zeit, in der sich die Sonne einmal um ihre Achse dreht. Dieser periodische Vorgang wurde bereits in Nr. 5 (1955) besprochen.

Die sporadische E-Schicht trat nur selten und mit geringer Intensität auf. Auch in der Dämpfung gab es wieder starke Schwankungen, obwohl diese bei sommerlichen Verhältnissen wesentlich geringer sind als im Winter.

Die Sonnenaktivität, ausgedrückt durch die Züricher Sonnenfleckenrelativzahlen, stieg in der zweiten Fetruarhälfte etwas an, ging aber nach einem Maximum von etwa R = 30 Ende Februar während der ersten Märzhälfte wieder stark zurück, in den letzten Tagen des Berichtszeitraumes war die Sonne sogar wieder fleckenfrei.

Die Intensitätsschwankungen des Erdmagnetfeldes waren am 23. 2., vom 7. bis 9. 3. und am 12. 3. besonders groß. Diesen Schwankungsmaxima folgten stets ionosphärische Unruhen oder Störungen.

Vorschau für April

Im April wird voraussichtlich weiterhin der Übergangscharakter vorherrschen. Die Mittagsgrenzfrequenzen dürften im Zuge der jahreszeitlichen Entwicklung etwas niedriger liegen als im Vormonat. Dafür ist aber das mittägliche Maximum wesentlich breiter. Diese Verbreiterung des Mittagsmaximums der F_2-Grenzfrequenzen ist wegen des längeren Einflusses der ionisierenden Sonneneinstrahlung ohne weiteres verständlich. Das Absinken der Grenzfrequenzwerte der F_2-Schicht ist wie folgt zu erklären: Im Sommer liegt die F-Schicht in größeren Höhen als im Winter. Nimmt man zunächst an, daß die Anzahl der Elektronen im Verhältnis zu den neutralen Atomen in der F-Schicht konstant bleibt, so muß in größerer Höhe, also bei geringerer Luftdichte, die Anzahl der Elektronen pro Kubikmeter abnehmen. Da diese aber für die Grenzfrequenz der Schicht bestimmend ist, müssen die Grenzfrequenzen mit abnehmender Trägerdichte ebenfalls sinken. Diese Voraussetzung ist allerdings nicht ganz erfüllt; denn die Anzahl der Elektronen im Verhältnis zu den neutralen Atomen nimmt mit steigender Sonnenhöhe im Sommer zu, aber doch nicht so stark, um den erwähnten Effekt des Absinkens der Grenzfrequenzen völlig auszugleichen. Man beobachtet infolgedessen im Sommer stets ein Absinken der Mittagsgrenzfrequenzen der F_2-Schicht. Danach dürften im April Mittagswerte der ordentlichen Komponente der F_2-Grenzfrequenzen von etwa 5,4 bis 5,8 MHz zu erwarten sein, die Nachttiefstwerte werden etwa bei 2,2 bis 2,5 MHz liegen.

Die Voraussagen für die Amateure können wir jetzt erweitern und werden sie voraussichtlich ständig in dem folgenden Schema veröffentlichen. Die Lage der in der Tabelle angegebenen numerierten Gebiete ist aus der Weltkarte auf der dritten Umschlagseite dieses Heftes ersichtlich. Für die Amateurbänder werden unter a) die Zeiten in MEZ angegeben, in denen man mit großer Wahrscheinlichkeit Verbindungen herstellen kann. In den unter b) eingetragenen Zeiten liegt die Übertragungswahrscheinlichkeit über 30 bis 40 %. Die Vorhersagen sind jeweils auf den Mittelpunkt der Gebiete bezogen. *Lge.*

Amateurberatung für den Monat April 1955

Gerätebedingungen:

200 W ausgestrahlte Leistung, 5 μV/m Mindestfeldstärke am Empfangsort;
oder 100 W ausgestrahlte Leistung, 3 μV/m Mindestfeldstärke am Empfangsort.

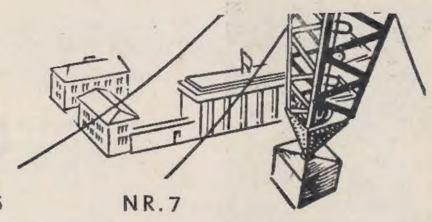
Gebiet Nr.		Zeitangaben in MEZ für die Amateurbänder 3,5 MHz	7 MHz	14 MHz	21 MHz	28 MHz
1	a	— — —	19 — 06	12 — 20	— — —	— — —
	b	21 — 03	18 — 07	08 — 22	— — —	— — —
2	a	— — —	18 — 05	12 — 19	— — —	— — —
	b	22 — 02	17 — 06	07 — 20	— — —	— — —
3	a	— — —	19 — 04	17 — 20	— — —	— — —
	b	— — —	18 — 06	16 — 21	15 — 18 [1]	— — —
4	a	— — —	01 — 03	— — —	— — —	— — —
	b	04 — 05	23 — 08	13 — 22	— — —	— — —
5	a	— — —	05 — 06	— — —	— — —	— — —
	b	— — —	03 — 07	17 — 21	— — —	— — —
6	a	— — —	02 — 04	— — —	— — —	— — —
	b	— — —	01 — 06	13 — 14 22 — 23	— — —	— — —
7	a	— — —	23 — 06	21 — 23	— — —	— — —
	b	— — —	22 — 07	19 — 23	18 — 21 [1]	— — —
8	a	— — —	— — —	21 — 22	— — —	— — —
	b	— — —	23 — 06	20 — 23	18 — 20 [1]	— — —
9	a	— — —	18 — 22	— — —	— — —	— — —
	b	19 — 21	17 — 24	05 — 16	— — —	— — —
10	a	21 — 01	16 — 23	— — —	— — —	— — —
	b	19 — 01	15 — 03	07 — 18	— — —	— — —
11	a	— — —	18 — 24	13 — 16	— — —	— — —
	b	— — —	17 — 01	12 — 17	— — —	— — —
12	a	— — —	18 — 02	14 — 18	— — —	— — —
	b	21 — 24	17 — 03	10 — 19	12 — 15 [1]	— — —
13	a	— — —	— — —	— — —	— — —	— — —
	b	— — —	18 — 22	12 — 15	— — —	— — —

[1] Es besteht geringe Wahrscheinlichkeit für eine Verbindung.

Verlag „Die Wirtschaft", Verlagsdirektor Gerhard Kegel
Chefredakteur: Rudolf Nehring, verantwortlicher Fachredakteur: Ing. Karl Kiehle, Berlin-Treptow, Puschkinallee 3, Fernruf: 67 87 41, Fernschreiber 1448. Veröffentlicht unter Lizenznummer 4102 des Amtes für Literatur und Verlagswesen der Deutschen Demokratischen Republik. — **Anzeigenannahme:** Verlag „Die Wirtschaft", Berlin W 8, Französische Straße 53—55, und alle Filialen der DEWAG-Werbung. Zur Zeit gültige Preisliste Nr. 1. — **Druck:** Tribüne-Verlag, Druckerei III, Leipzig III/18/36. — Auszüge und Übersetzungen nur mit Quellenangabe gestattet. — Die Zeitschrift „Radio und Fernsehen" erscheint zweimal im Monat, Einzelheft 2,— DM.
Zuschriften an Redaktion „Radio und Fernsehen", Berlin-Treptow, Puschkinallee 3.

RADIO UND FERNSEHEN

4. JAHRGANG 1. APRILHEFT 1955 NR. 7



VEB Stern-Radio Berlin kämpft um die Rentabilität

In den volkseigenen Betrieben beschäftigen sich die Werktätigen mit den Ergebnissen des 21. Plenums des Zentralkomitees der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands. Nur durch die Sicherung und Erhöhung der Rentabilität ihrer Betriebe können sie ihren Lebensstandard verbessern. Deshalb wurden in den volkseigenen Betrieben Maßnahmen ergriffen, die zur ständigen Steigerung der Arbeitsproduktivität und zur Verbesserung der Qualität unserer Erzeugnisse beitragen. Um die Beschlüsse des 21. Plenums zu verwirklichen, wurde im VEB Stern-Radio Berlin ein Kampfplan erarbeitet, dessen Einzelheiten von der gesamten Belegschaft diskutiert wurden.

Die Teilpläne des Betriebsplanes 1955 werden auf die Brigaden aufgeschlüsselt, um die Grundlage für den sozialistischen Wettbewerb im II. Quartal zu schaffen, an dem alle Brigaden teilnehmen werden. Große Aufmerksamkeit widmet der Kampfplan den Produktionsberatungen, die von der Werkleitung und der Betriebsgewerkschaftsleitung sorgfältiger als bisher auszuwerten sind. Beide haben in jeder Produktionsberatung zu berichten, wie die Vorschläge der Arbeiter verwirklicht wurden. Das Ziel muß sein, den Ausschuß zu verringern, die Qualität zu verbessern, Grund- und Hilfsmaterial einzusparen und Schwierigkeiten beim Materialfluß zu beseitigen.

Weiterhin sieht der Kampfplan vor, im II. Quartal die Verpflichtungen der Kollegen aus der Brigade „Rosa Luxemburg" (Lautsprecherbau) und der Gewerkschaftsgruppe Voß (Verwaltung) überall zu popularisieren und darauf hinzuwirken, daß ähnliche Verpflichtungen von allen Brigaden und Abteilungen übernommen werden. Jeder dieser Kollegen will im Jahr 1955 100,— DM einsparen.

Die Abteilungen Technologie und Betriebsorganisation, der Technische Rat und die Betriebssektion der Kammer der Technik haben sich verpflichtet, die Produktion eines Mittelsupers technologisch und organisatorisch vorzubereiten. Hierfür ist mit den Betrieben VEB Funkwerk Köpenick, VEB „J. W. Stalin" und VEB Berliner Glühlampenwerk ein überbetrieblicher Erfahrungsaustausch vorgesehen.

Mit dem VEB Stern-Radio Rochlitz wird erstmalig ein Betriebsvergleich begonnen, um festzustellen, welcher Betrieb billiger produziert und den Produktionsablauf rentabler gestaltet. Eine Aktivistenbrigade überprüft den Arbeitsablauf in den Abteilungen Produktionslenkung und Materialversorgung und hat bereits Vorschläge für Verbesserungen gemacht.

Ein weiterer Teil des Kampfplanes beschäftigt sich mit der Einführung von Neuerermethoden im Betrieb: In der Wickelei führt man zum Beispiel eine Kowaljowstudie durch, um die Arbeitsproduktivität der gesamten Abteilung zu erhöhen; in der Lackspritzerei wird das „Nebelarme Spritzverfahren" zur Anwendung kommen, und die Abteilung Lautsprecherbau will sich der Franikbewegung anschließen, um hier erstmalig die gegenseitige Hilfe zum Erreichen der Planziele anzuwenden.

Nicht umsonst sagte Walter Ulbricht auf der 21. Tagung des Zentralkomitees:

„Die Verteilung nach der Arbeitsleistung bedingt die breite Anwendung des Leistungslohnes und die ständige fachliche Qualifizierung der Arbeiter, weil Erhöhung der Produktion und Erhöhung der Arbeitsproduktivität die entscheidenden Grundlagen für das Wachstum des Reallohnes sind".

Aus diesem Grund sieht der Kampfplan vor, den Transportarbeitern, Gütekontrolleuren und Lagerarbeitern einen materiellen Anreiz für ihre Tätigkeit zu geben. Da auch diese Kollegen entscheidenden Einfluß auf die Steigerung der Arbeitsproduktivität haben, wird für sie innerhalb des II. Quartals 1955 ein Prämienleistungslohn ausgearbeitet. Um besondere Schwierigkeiten zu überwinden, werden Aktivistenbrigaden gebildet, die einen vom Werkleiter bestätigten schriftlichen Auftrag erhalten.

Von den Werktätigen des VEB Stern-Radio Berlin werden die vorbildlichen sozialistischen Einrichtungen, die uns unsere Regierung geschaffen hat, voll anerkannt. Die Belegschaft hat darum auch im Kampfplan festgelegt, allen denen den Kampf anzusagen, die jene großzügige Maßnahme, bei Krankheit bis zu sechs Wochen 90% des Verdienstes als Krankengeld auszuzahlen, mißbrauchen, und versuchen sich einen zusätzlichen bezahlten Urlaub zu verschaffen. Dagegen werden wirklich kranke Kollegen von den Sozialbevollmächtigten betreut, um ihnen alle Möglichkeiten zu geben, mit Hilfe der sozialen Einrichtungen bald wieder gesund zu werden.

Bei der Erfüllung dieses Kampfplanes fällt den Wirtschaftsfunktionären die wichtige Aufgabe zu, die Werktätigen aus Produktion und Verwaltung im Kampf um die Planerfüllung zu führen und anzuleiten. Der Hauptbuchhalter hat sich deshalb verpflichtet, die Wirtschaftsfunktionäre in mehreren Vorlesungen und Seminaren mit der wirtschaftlichen Rechnungsführung vertraut zu machen. Durch eine wesentlich verbesserte Agitationsarbeit, wozu auch die Betriebsfunksendungen zählen, werden wir auch den letzten Kollegen im VEB Stern-Radio Berlin überzeugen, daß es in den Händen der Arbeiterklasse selbst liegt, ihr Leben schöner denn je zu gestalten.

Die Aufgaben, die sich die Belegschaft des VEB Stern-Radio Berlin gestellt hat, sind nicht einfach. Alle Kollegen des Werkes wissen, daß sie mit der Erhöhung der Arbeitsproduktivität ihres Betriebes zur Verwirklichung der Beschlüsse des 21. Plenums der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands beitragen und unsere Arbeiter-und-Bauern-Macht weiter stärken und festigen.

Karl-Heinz Gromoll

Nachrichten

● Im volkseigenen Werk für Fernmeldewesen „WF", Berlin-Oberschöneweide, wurde ein neues Bindemittel erprobt, das an Stelle von Löten, Nieten oder Verschmelzen bei Metall, Metallglas oder Glasverbindungen verwendet werden kann. Der neue Werkstoff, ein Klebharzprodukt, wurde von der Akademie der Wissenschaften entwickelt und trägt die Bezeichnung Epoxydharz. Dem neuen Produkt kommt insofern besondere Bedeutung zu, weil es ein Schließen von Vakuumgefäßen ohne die oft unerwünschten hohen Einschmelztemperaturen ermöglicht.

● Eine bedeutende Verbesserung des von den deutschen Physikern Geiger und Müller konstruierten Zählrohrgerätes, das ein wichtiges Hilfsmittel in der Forschung auf dem Gebiet der Kernphysik und der kosmischen Strahlung darstellt, ist kürzlich tschechoslowakischen Wissenschaftlern gelungen. Unter der Leitung von R. Seidl hat eine Gruppe von Mitarbeitern des Instituts für technische Physik der tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften die Unregelmäßigkeit und die fehlerhaften Reaktionen der bisherigen Geiger-Müller-Zählrohrgeräte beseitigt. Das neue Gerät befindet sich bereits in der industriellen Fertigung.

● „Corona" ist die Bezeichnung einer Rundfunk-Fernseh-Fono-Truhe der Firma Blaupunkt. Diese Truhe enthält ein Blaupunkt-Fernsehgerät mit einer 43-cm-Bildröhre, einen UKW-Drucktastensuper der 3 D-Raumklangserie sowie ein Fonochassis für drei Geschwindigkeiten mit umschaltbarem Kristalltonabnehmer. Wird das Fernsehgerät nicht benutzt, kann die Bildfläche durch eine am Kopf des Gerätes befindliche Abdeckplatte verschlossen werden.

● Zur Industriemesse Hannover 1955 wird die Firma Philips u. a. einen neuentwickelten Quarzeichsender FE 161 ausstellen, der mit max. 14 quarzgesteuerten Festfrequenzen ausgerüstet werden kann. Die Frequenzgenauigkeit ist besser als $1 \cdot 10^{-6}$. Das Gerät eignet sich besonders als aktives oder passives Frequenznormal bei Abgleicharbeiten an Sendern und Empfängern im 40-, 80- und 160-MHz-Band.

Der neue Philips-Fernsehprüfgenerator GM 2891 umfaßt die Fernsehbänder I und III. Das Gerät kann netzgekoppelt und freilaufend betrieben werden. Außerdem ist eine Fremdmodulation des Tonträgers mit Frequenzen bis 25 kHz möglich.

● Um die Aufmerksamkeit des Fahrers so wenig wie möglich in Anspruch zu nehmen, ist der neue Telefunken-UKW-Autosuper „Selektor" mit einer automatischen Abstimmung ausgerüstet. Ein leichter Druck auf die breite Drucktaste setzt den Abstimmzeiger in Bewegung. Bei einem mit genügender Lautstärke einfallenden Sender stellt er sich auf genaueste Abstimmung ein. Ist die Skala durchlaufen, geht der Zeiger wieder in seine Anfangsstellung zurück. Die Reizschwelle, auf die die Wählerautomatik anspricht, kann herauf- bzw. herabgesetzt werden.

Die Arbeitsweise des Selektors erfordert einen elektronischen und einen mechanischen Teil. Das Federwerk des mechanischen Aufbaus führt den Zeiger über die Skala. Sobald ein geeigneter Sender erreicht ist, wird der Zeiger durch eine Bremsvorrichtung angehalten. Der elektrische Teil besteht aus einem Magneten, der die Feder selbsttätig wieder aufzieht, und einer mit zwei Röhren ausgestatteten Anordnung zur Steuerung des Relais, das bei einer genügenden Eingangsspannung vom Empfänger das Anhalten des Federwerkes auslöst.

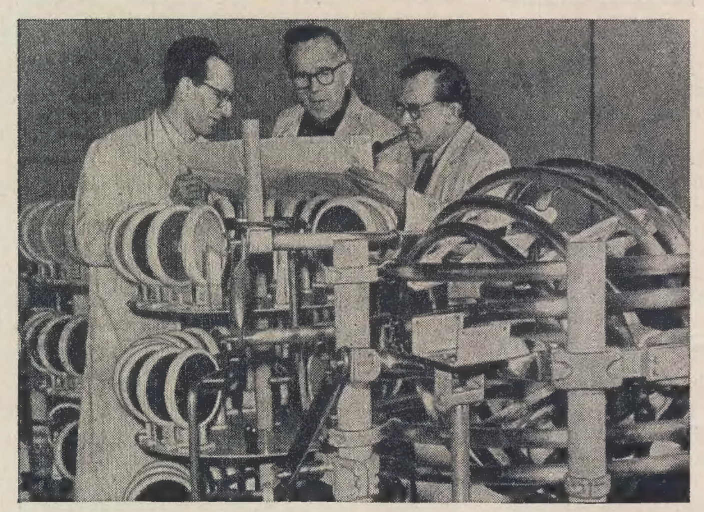
● Mit Beginn des nächsten Jahres wird auch die Bevölkerung der polnischen Industriestadt Lodz am Fernsehen teilnehmen können. Das mit einer eigenen Sendestation geplante Fernsehstudio wird in einem fünfzehn Stockwerke hohen Gebäude untergebracht. Außer eigenen Programmen sollen auch Sendungen des Fernsehsenders Warschau übertragen werden.

● Die Produktion von Rundfunkgeräten- und -anlagen hat sich in der Volksrepublik Bulgarien seit 1948 um das Zwölffache erhöht. Dieser nach der Befreiung Bulgariens mit sowjetischer Hilfe geschaffene Industriezweig hat sich so weit entwickelt, daß Bulgarien heute in der Lage ist, Rundfunkgeräte- und -anlagen zu exportieren.

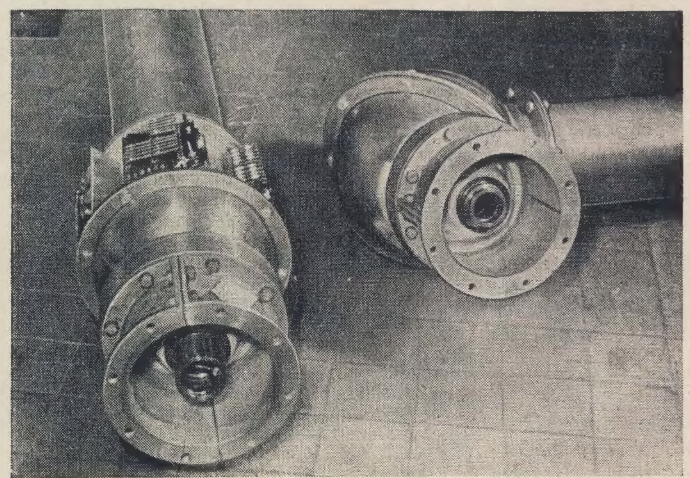
Großsenderbau im VEB

(1) 250-kW-Schleifervariometer für Mittelwelle. Größte Sorgfalt wird auf die Reinigung der keramischen Teile verwandt, da bereits Spuren von Metallstaub die elektrischen Werte des Variometers weitgehend verändern

(2) Montage von 250-kW-Drehspulvariometern für Mittelwelle. Das Bild zeigt deutlich die äußere zylindrisch aufgebaute und die innere kugelförmige Variometerwicklung. Das Abstimmaggregat ruht auf vier Keramiksäulen



(3) Leitungskontrolle einer 250-kW-Endstufe für Mittelwelle durch die zuständigen Entwicklungs- und Konstruktionsleiter. Neben dem Kugelvariometer zeigt das Bild eine Kombination von keramischen Kondensatoren, bei denen durch gruppenweise Zusammenschaltung die benötigten elektrischen Werte erreicht werden



(4) Trennstelle einer 500-kW-Energierohrleitung mit eingebautem Leistungs- und Anpassungsmesser. Der Leiter ist zentrisch in dem Rohr gelagert und hat auch in dem Kugelkrümmer ebenfalls Kugelform Dadurch bleibt der Wellenwiderstand der Energieleitung erhalten. Durch die Verwendung der Kugelkrümmer wird beim Verlegen der Leitung gegenüber dem Bogenkrümmer viel Platz eingespart

Außer dem VEB Sachsenwerk Radeberg HV-RFT und dem VEB Werk für Fernmeldewesen „WF" HV-RFT, Berlin, nimmt der VEB Funkwerk Köpenick HV-RFT in der Produktion von Großsendern eine führende Stellung ein. In diesem Werk entstehen unter der Anleitung eines Kollektivs von Nationalpreisträgern und mehreren Verdienten Erfindern Industrie- und Fernsehsender sowie Ultrakurz-, Kurz-, Mittel- und Langwellensender, ferner die zur Gesamtanlage eines Senders gehörenden Zusatzeinrichtungen, wie Stromversorgungsteil, Kühlanlage, Energieleitung, Antenne, Absorber, Sicherheits-, Meß- und Überwachungsgeräte.

Entsprechend der Aufgabenstellung durch den Bedarfsträger sind die Anforderungen von Fall zu Fall verschieden, so daß eine Serienfertigung von Großsendern praktisch nicht möglich ist. Man kann das Funkwerk Köpenick aus diesem Grunde auch nicht als Produktionsbetrieb im üblichen Sinne ansehen. Die über die Hallendächer gespannten Antennen aller Art deuten schon an, daß hier vornehmlich Forschungs- und Entwicklungsarbeit geleistet wird. Jedes Gerät, ob Großsender oder Senderüberwachungseinrichtung, ist eine Einzelfertigung, ein Meisterstück, entstanden aus der engsten kollektiven Zusammenarbeit der Entwicklungs- und Konstruktionsingenieure, Techniker und Mechaniker.

Bereits zur Vorentwicklung eines neuen Projektes werden die Konstrukteure herangezogen. Je nach dem Umfang der Aufgabe werden entweder ein oder mehrere Konstrukteure gleichzeitig mit der Entwicklung des Entwurfs beauftragt, der nach Begutachtung durch den Chefkonstrukteur und den zuständigen Entwicklungsingenieur die Grundlage für die Fertigung bildet. Nachdem die Einzelteile von den Mechanikerbrigaden des Labors vorbereitet sind, wird der gesamte Sender auf dem Prüfstand montiert und gemessen. Der Prüfbefund läßt erkennen, welche letzten Maßnahmen noch zum Erreichen der Betriebssicherheit zu treffen sind.

In dem als Außenstelle des DAMG anerkannten Prüffeld des Funkwerkes Köpenick wird die von der Entwicklung übergebene Anlage kontrolliert. Zu der Kontrolle gehört auch eine Dauerprüfung des Senders, wobei der Senderausgang durch einen Absorber belastet wird. Mit Hilfe der Kunstantenne kann man den Sender, ohne das Strahlungssystem einzuschalten, unter betriebsmäßigen Bedingungen prüfen.

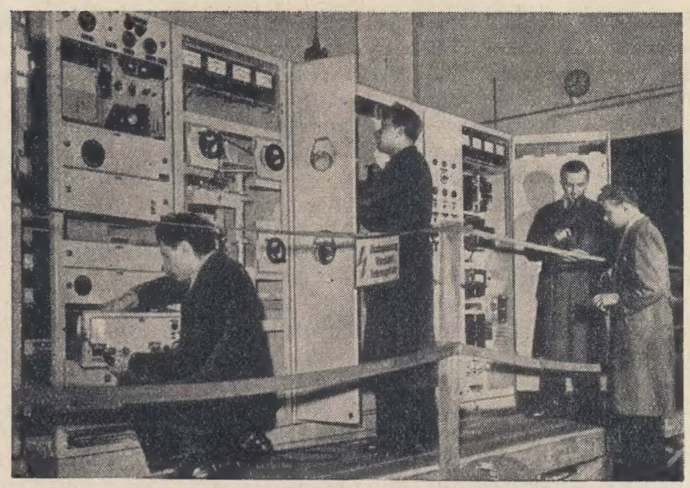
Ein Gang durch die großen und hellen Werkhallen der Abteilung Großsenderbau führt den Besucher zunächst in das Labor. Hier sind viele fleißige Hände damit beschäftigt, die Einzelteile für den künftigen

Funkwerk Köpenick

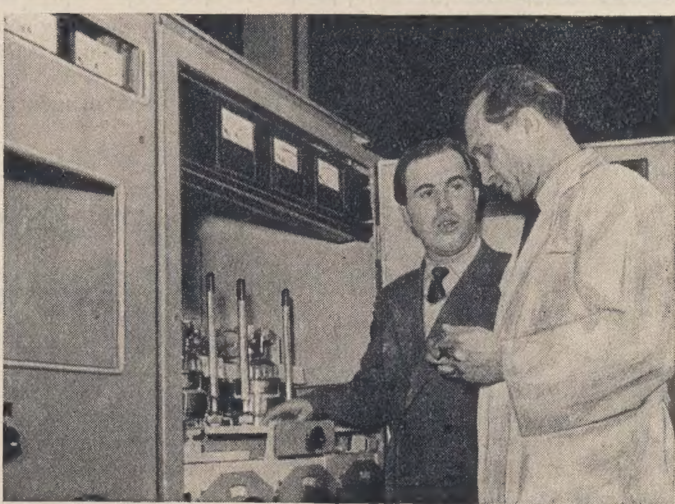
Großsender zu fertigen. Unter anderem produziert man in der Laborhalle auch Leistungs- und Anpassungsmesser (Bild 4 links), die fest an die Energieleitungen montiert werden und mit deren Hilfe man jederzeit feststellen kann, ob auf der Energieleitung Verluste auftreten oder sich die Anpassungsverhältnisse geändert haben. Die Energieleitung bildet die Verbindung zwischen dem Sender und den Antennenabstimmitteln und weiter zur eigentlichen Antenne. Richtungsänderungen in der Energieleitungsführung werden durch sogenannte Kugelkrümmer (Bild 4 rechts) oder durch Bogenkrümmer erreicht. An Stelle der Energieleitung läßt sich auch ein mit 60 kV geprüftes 60-Ω-Hochfrequenzleistungskabel verwenden.

Zum Abstimmen der Sender dienen sowohl Festkondensatoren und veränderliche Kondensatoren als auch Variometer. Die gebräuchlichste Form des veränderlichen Kondensators ist beim Großsenderbau der Plattenschiebekondensator, bei dem der Abstand der etwa 1 m^2 großen Platten durch einen Zahnradantrieb mit Zahnstange verändert werden kann. Die Kapazitätswerte liegen im Bereich von 200 bis 2000 pF bei zulässigen Spannungen von 50 bis 10 kV entsprechend der jeweils eingestellten Kapazität des Kondensators. Außer dem Plattenschiebekondensator sind beim Senderbau auch Drehkondensatoren üblich. Als Festkondensatoren verwendet man entweder Plattenkondensatoren mit Luftdielektrikum oder Kombinationen von keramischen Kondensatoren (Bild 3). Die abstimmbaren Spulen sind als Schleifer- oder Kugelvariometer ausgebildet. Ihre Durchmesser haben das beachtliche Maß von etwa 80 cm. Bei dem Schleifervariometer wird die Abstimmung durch einen Schleifer bewirkt, der, durch eine Gewindespindel im Innenraum der Spule bewegt, einen Abgriff an jeder Stelle der Wicklung ermöglicht (Bild 1), während das Kugelvariometer zwei Wicklungen enthält, von denen die innere kugelförmige drehbar angeordnet ist (Bild 2). Bei empfindlichen Variometern werden noch besondere Konzentrationsringe zur Abschirmung angebracht.

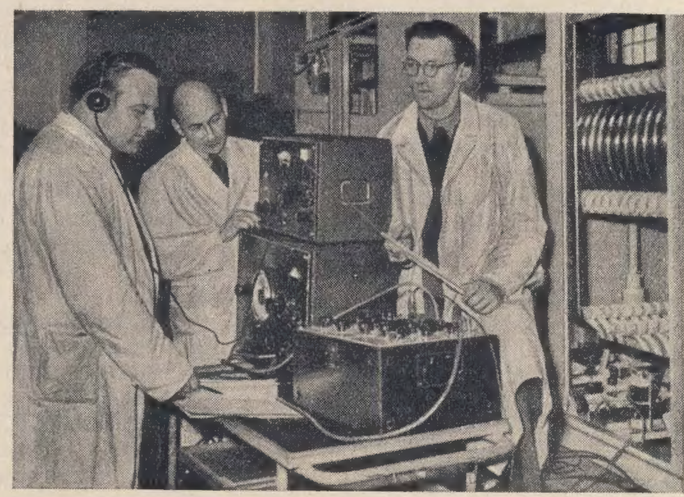
Bei unserem Rundgang hatten wir Gelegenheit, auch den interessantesten Teil des Großsenderbaues kennenzulernen, und zwar das Senderprüffeld, auf dessen Ständen eine Reihe von UKW- und KW-Sendern gemessen und geprüft wurden. Von dem 5-kW-Industriekurzwellensender war eine Serie von zehn Stück vorhanden; ferner ein 250-kW-Großsender für Mittelwelle und ein 40-kW-Fernsehsender für Band I, der sich noch in der Entwicklung befindet und gegenüber den bisher in Betrieb befindlichen Fernsehsen-



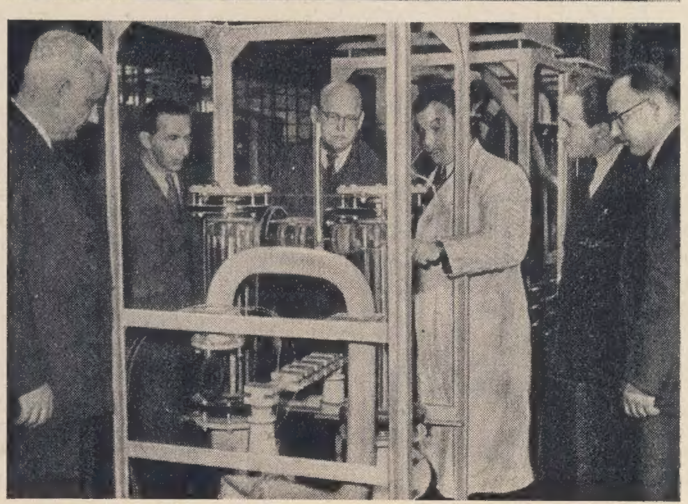
(5) Prüfung eines kompletten kommerziellen 5-kW-Kurzwellensenders. Von dieser Anlage wird z. Zt. gerade eine Serie von 10 Stück für einen Exportauftrag gefertigt, während sonst im allgemeinen beim Senderbau jede Anlage als Einzelfertigung erstellt wird, da die speziellen Wünsche der Auftraggeber von Fall zu Fall sehr unterschiedlich sind



(6) Besprechung zwischen den beiden Verantwortlichen - Entwickler und Konstrukteur - über einige noch notwendige Maßnahmen zum Beseitigen der beim Probebetrieb aufgetretenen Mängel



(7) Dämpfungsmessung an einem 250-kW-Filter für Langwelle und Festlegen der endgültigen Ausführung mit dem Konstrukteur. Das Filter dient beim Sender zum Entfernen der Oberwellen. Die Leistung der Oberwelle muß mindestens 40 db unter der Leistung der Grundwelle liegen und darf den Wert von 200 mW nicht übersteigen



(8) Vorführung und Erfahrungsaustausch an einer neuentwickelten 500-kW-Kunstantenne. Von links nach rechts: Verdienter Erfinder Ing. Heine, Technischer Direktor; Nationalpreisträger Meister Lewerenz; Nationalpreisträger Dr. Heinrich Weber; Nationalpreisträger Obering. Solger; Nationalpreisträger Ing. Andreas; Verdienter Erfinder Dipl.-Ing. Brunske

dern ein wesentlich kontrastreicheres und besseres Bild liefern soll. Das dazugehörige Kontroll- und Steuerpult enthält neben verschiedenen anderen Instrumenten und Geräten zur Senderüberwachung und -bedienung die erforderlichen Bildüberwachungsgeräte und befindet sich ebenfalls kurz vor der Vollendung.

Die Großsender sind durch Quarze frequenzstabilisiert und enthalten Ersatzschwingkreise, die sich bei Quarzausfall automatisch einschalten. Alle Mittel- und Kurzwellensender sind in ihren Frequenzbereichen abstimmbar, so daß jede gewünschte Frequenz ohne Schwierigkeiten eingestellt werden kann. Dieser Vorteil wirkt sich besonders bei Wellenplanänderungen günstig aus, da nur eine verhältnismäßig kurze Zeit für die Frequenzumschaltung des Senders benötigt wird. Ferner ist durch besondere Blockierungs- und Sicherheitskreise dafür gesorgt, daß die Einzelkreise des Senders nur in der richtigen Reihenfolge eingeschaltet werden können. Bei kurzzeitigen Überspannungen oder Überströmen schaltet sich der Sender durch elektronische Regelgeräte ab und automatisch wieder ein, so daß die Sendung kaum unterbrochen wird. Nur bei Schäden in der Anlage, die für das Bedienungspersonal gefährlich werden könnten, schaltet sich der Sender ohne Rücksicht auf die Sendung automatisch ab.

Erwähnt sei auch die Abteilung Hochfrequenzgeneratorenbau des Funkwerks Köpenick. Durch das große industrielle Anwendungsgebiet dieser Generatoren bei der Erwärmung von metallischen sowie von nichtleitenden Werkstoffen wird eine beträchtliche Senkung der Kosten bei vielen Fertigungsprozessen erreicht. Durch neuentwickelte Verfahren ist mit diesen Anlagen beispielsweise das partielle Härten von Maschinenteilen, Zahnrädern und Werkzeugen möglich.

Die Technik stellt den Menschen große Aufgaben, denn durch die stetigen Fortschritte in der Erkenntnis der Physik, Elektrotechnik und der mechanischen Technologie werden ständig neue und bessere Einzelteile und Röhren geschaffen, die wiederum einen veränderten Aufbau des Senders und der Gesamtanlage erfordern. Jeder neugeschaffene Großsender stellt eine höhere Stufe der Weiterentwicklung und technischen Vervollkommnung dar.

So steht das Funkwerk Köpenick mit seinem fachlich hochqualifizierten Mitarbeiterstab sowie den Ingenieurkollektiven und Brigaden nicht nur als Forschungs- und Entwicklungsstelle in der ersten Reihe der führenden Industrien unserer Deutschen Demokratischen Republik, sondern die in diesem Werk geschaffenen Sender und Geräte tragen auch als wichtige Exportartikel mit dazu bei, unser aller Wohlstand zu steigern. *Kusserow*

WALTER SCHULDT

Arbeitsweise und Eigenschaften gegengekoppelter Verstärker

In der heutigen Verstärker- und Meßtechnik stellt die Gegenkopplung eine nicht mehr fortzudenkende Maßnahme der Schaltungsverbesserung dar. Deshalb muß sich auch jeder Praktiker der Funktechnik ein klares Bild über ihre Wirkungsweise machen können. Im folgenden Beitrag soll versucht werden, die Eigenschaften und Berechnung der Gegenkopplung möglichst einfach darzustellen und dem interessierten Leser Anregungen zur Entwicklung eigener Gedanken auf diesem umfangreichen Gebiet zu geben.

Begriff und Eigenschaften

Grundsätzlich versteht man unter Gegenkopplung die Rückführung eines Teiles $\alpha \mathfrak{U}_a$ der Ausgangsspannung $\mathfrak{U}_a$ einer Röhre an ihren Eingang oder an eine vorhergehende Stufe mit einer der Eingangsspannung $\mathfrak{U}_e$ entgegengesetzten Phase entsprechend der Blockschaltung nach Bild 1. Dabei soll jedoch die Wirkung des natürlichen Durchgriffs einer Verstärkerröhre nicht unter diese Definition fallen, weil es sich hierbei nur um einen normalen Vorgang innerhalb der Röhre und nicht um eine besondere Schaltungsmaßnahme handelt.

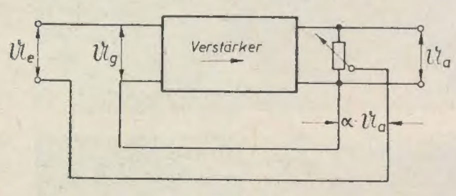


Bild 1: Blockschaltung eines gegengekoppelten Verstärkers

Eine wesentliche Eigenschaft der Gegenkopplung ist die Verminderung der nichtlinearen Verzerrungen und die damit verbundene Herabsetzung des Klirrfaktors durch Linearisieren der Röhrenkennlinie. Außerdem bewirkt die Gegenkopplung bei einem frequenzabhängigen Außenwiderstand durch zweckentsprechende Kopplungsart (Strom- oder Spannungsgegenkopplung) einen gleichmäßigeren Frequenzgang. Schwankungen des Verstärkungsgrades infolge Änderungen der statischen Röhrensteilheit oder der Betriebsspannungen werden weitgehend ausgeglichen. Ebenso lassen sich durch diese Schaltungsmaßnahme auch die Eingangs- bzw. Ausgangswiderstände beliebig verändern. Schließlich werden in dem gegengekoppelten Verstärkerteil noch die Störgeräusche, wie Brummen und Klingen, herabgesetzt.

Diesen guten Eigenschaften der Gegenkopplung steht als einziger Nachteil ein Verstärkungsrückgang durch die Verringerung der wirksamen Gitterspannung gegenüber.

Auf Grund der erzielbaren Vorteile wird die Gegenkopplung vorwiegend in den mit Pentoden bestückten Endstufen der NF-Verstärker und in Meßgeräteschaltungen angewendet. Man findet sie jedoch auch in Hochfrequenzstufen zur Unterdrückung der Kreuzmodulation.

Wirkungsweise

Um zu einer klaren Erkenntnis der Wirkungsweise zu gelangen, muß man sich überlegen, wodurch sich bei der Gegenkopplung die Röhreneigenschaften, von der ursprünglichen Eingangsspannung ausgehend, grundsätzlich ändern. Es geht schon aus der Begriffsbestimmung hervor, daß durch die zusätzliche Rückwirkung der Ausgangsspannung auf das Steuergitter einer Röhre der ursprüngliche Durchgriff D größer werden muß. Tatsächlich steigt der nunmehr wirksame Durchgriff D′ um den an das Gitter zurückgeführten Teil $a \mathfrak{U}_a$ der Ausgangsspannung an und errechnet sich damit ganz einfach aus

$$D' = D + a. \qquad (1)$$

Gleichzeitig verringert sich dadurch der wirksame Verstärkungsfaktor μ' und wird

$$\mu' = \frac{1}{D'}. \qquad (2)$$

Nach der Barkhausenschen Röhrenformel $R_i \cdot D \cdot S = 1$ ändert sich dementsprechend aber auch der wirksame Innenwiderstand R_i' der Röhre, weil die nur im Kurzschlußbetrieb zu messende Steilheit S in ihrer ursprünglichen Höhe bestehen bleibt. Der wirksame Innenwiderstand R_i' wird dann nach Umformen der Barkhausenschen Röhrenformel

$$R_i' = \frac{1}{D' \cdot S} = \frac{\mu'}{S}. \qquad (3)$$

Mit diesen infolge eines größeren Durchgriffs geänderten Röhreneigenschaften lassen sich alle Wirkungen der Gegenkopplung eindeutig erklären. Es ist hierbei gleichgültig, ob jeweils eine Strom- oder Spannungskopplung vorliegt. Zwischen diesen beiden Kopplungsarten besteht grundsätzlich kein Unterschied, wenn der Arbeitswiderstand konstant ist. Dagegen spricht man bei einem frequenzabhängigen Arbeitswiderstand von einer Stromgegenkopplung, wenn die Gegenkopplungsspannung allein vom Anodenstrom abhängig ist. Eine Spannungsgegenkopplung liegt vor, wenn $a \cdot \mathfrak{U}_a$ nur von der jeweiligen Höhe der Ausgangsspannung beeinflußt wird.

Als nächstes wäre festzustellen, in welchem Zusammenhang die einzelnen Wirkungen der Gegenkopplung mit diesen geänderten Röhreneigenschaften stehen. Hierbei erscheint es zweckmäßig, die

Röhre als aktiven Zweipol mit einer konstanten Spannungsquelle Q und einem Innenwiderstand R_i zu betrachten. Bei Berücksichtigung eines Anodenwiderstandes R_a erhalten wir dann für eine ohne Gegenkopplung arbeitende Verstärkerstufe die im Bild 2 dargestellte Grund- und Ersatzschaltung. Hierin beträgt die Leerlaufspannung

$$\mathfrak{U}_L = \frac{\mathfrak{U}_e}{D} = \mathfrak{U}_e \cdot \mu. \qquad (4)$$

Sie verteilt sich auf die beiden hintereinander geschalteten Widerstände R_i und R_a.

Tritt eine Gegenkopplung auf, so verringert sich infolge des größeren Durchgriffs D′ die Leerlaufspannung $\mathfrak{U}_L$ in dem gleichen Maße wie R_i' und wird

$$\mathfrak{U}_L = \frac{\mathfrak{U}_e}{D'} = \mathfrak{U}_e \cdot \mu'. \qquad (4a)$$

Mit diesen geänderten Werten ergeben sich dann die Ersatzschaltungen 3b und 4b einer gegengekoppelten Verstärkerstufe.

Die einzelnen Eigenschaften der Gegenkopplung sind durchweg in enge Beziehung zu dem Verstärkungsrückgang zu bringen. Die ursprüngliche Verstärkung V, die man auch als innere Verstärkung bezeichnet, ergibt sich nach Bild 1 aus dem Verhältnis $\mathfrak{U}_a : \mathfrak{U}_g$ und errechnet sich aus

$$V = \mu \cdot \frac{R_a}{R_i + R_a}. \qquad (5)$$

Auch nach Einführen der Gegenkopplung bleibt wegen der gleichmäßigen Veränderung von $\mathfrak{U}_a$ und $\mathfrak{U}_g$ deren ursprüngliches Verhältnis und damit die innere Verstärkung bestehen. Dagegen verringert sich in diesem Fall die aus dem Verhältnis $\mathfrak{U}_a : \mathfrak{U}_e$ gebildete Verstärkung V′, weil hier nur $\mathfrak{U}_a$ kleiner wird. Für die Berechnung von V′ setzt man in die Gleichung (5) die einem größeren Durchgriff entsprechenden Werte ein und erhält

$$V' = \mu' \cdot \frac{R_a}{R_i' + R_a}. \qquad (5a)$$

Das Verhältnis V : V′ wird als Gegenkopplungsgrad bezeichnet, der außerdem den Faktor angibt, um den die Eingangsspannung erhöht werden muß, damit die verstärkungsmindernde Wirkung des größeren Durchgriffs ausgeglichen wird. Der Gegenkopplungsgrad ist also auch gleichzeitig das Verhältnis von $\mathfrak{U}_e : \mathfrak{U}_g$. Er wird bestimmt durch den Teil $\alpha \cdot \mathfrak{U}_a$ der zurückgeführten Ausgangsspannung und durch die Höhe der ursprünglichen Verstärkung V nach der Gleichung

$$\frac{V}{V'} = \frac{\mathfrak{U}_e}{\mathfrak{U}_g} = 1 + \alpha \cdot V. \qquad (6)$$

Bei einem gegebenen Wert von α vergrößert sich demnach der Gegenkopplungsgrad mit zunehmender Verstärkung V. Nach Umformen der Gleichung (6) läßt sich V′ schon aus den Größen α und V berechnen, und wir erhalten dann die Beziehung

$$V' = \frac{V}{1 + \alpha \cdot V}. \qquad (6a)$$

Um einen Begriff über die Höhe des Gegenkopplungsgrades zu erhalten, soll zunächst für die beiden gegengekoppelten Verstärker nach den Schaltungen 3 und 4 ein entsprechender Berechnungsgang durchgeführt werden. Die Schaltung nach Bild 3 sieht eine Stromgegenkopplung durch einen kapazitiv nicht überbrückten Katodenwiderstand vor. Diesem Beispiel sind folgende Daten zugrunde gelegt:

$D = 3{,}3\,\%$, $\mu = 30$, $S = 2{,}7$ mA/V,
$R_i = 11$ kΩ, $R_a = 15$ kΩ, $R_k = 900$ Ω.

Der an R_k abfallende Teil der zwischen Anode und Katode wirksamen Ausgangsspannung ergibt sich aus dem Verhältnis von R_k zu dem gesamten, aus R_a und R_k gebildeten Außenwiderstand und beträgt mit den gegebenen Daten

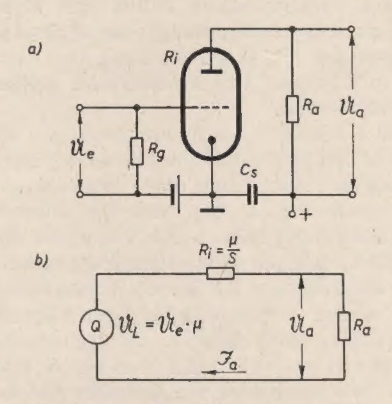


Bild 2: Normale Verstärkerstufe
a) Grundschaltung b) Ersatzschaltung

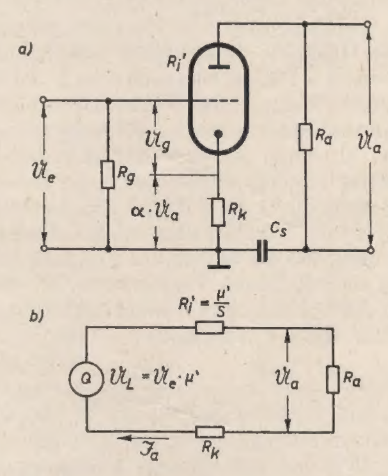


Bild 3: Stromgegengekoppelter Verstärker
a) Grundschaltung b) Ersatzschaltung

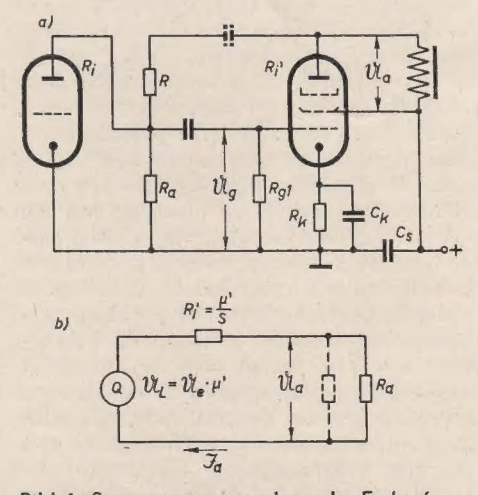


Bild 4: Spannungsgegengekoppelte Endstufe
a) Grundschaltung b) Ersatzschaltung

$$\alpha = \frac{R_k}{R_a + R_k} = \frac{900}{15000 + 900} = \frac{9}{159} \approx 0{,}057 \mathrel{\hat{=}} 5{,}7\,\%.$$

Die Verstärkung V läßt sich nach Gleichung (5) ermitteln und ist

$$V = \mu \cdot \frac{R_a}{R_i + R_a} = 30 \cdot \frac{15 \cdot 10^3}{(11 + 15) \cdot 10^3} = 17{,}3.$$

Mit diesen Werten erhält man einen Gegenkopplungsgrad von

$$\frac{V}{V'} = 1 + \alpha \cdot V = 1 + 0{,}057 \cdot 17{,}3 = 2,$$

wobei die Verstärkung V′ auf

$$V' = \frac{V}{1 + \alpha \cdot V} = \frac{17{,}3}{2} = 8{,}65$$

absinkt.

Dieses Ergebnis besagt, daß der Gegenkopplungsgrad für eine Triode bei einer durch den Katodenwiderstand hervorgerufenen Stromgegenkopplung kaum höher als 2 sein kann, weil der im wesentlichen zur Erzeugung der Gittervorspannung dienende Widerstand nur klein gegenüber R_a ist.

Beim Vergleich mit einer Pentodenendstufe nach Bild 4 interessiert uns vor allem, wie sich die größere Verstärkung V auf den Gegenkopplungsgrad auswirkt. Es handelt sich in diesem Fall um eine Spannungsgegenkopplung mit einem parallel zu $\mathfrak{U}_a$ liegenden Spannungsteiler, der durch einen zusätzlichen Widerstand R und die Parallelschaltung von R_i und R_a der Vorröhre sowie R_{g1} gebildet wird. Es ist also

$$\alpha = \frac{R_i \,||\, R_a \,||\, R_{g1}}{R_i \,||\, R_a \,||\, R_{g1} + R}.$$

α soll mit 5% angenommen werden. Außerdem seien folgende Daten gegeben: $D = 0{,}22\,\%$, $\mu = 450$, $S = 9$ mA/V, $R_i = 50$ kΩ, $R_a = 7$ kΩ. Bei einer ursprünglichen Verstärkung

$$V = \mu \cdot \frac{R_a}{R_i + R_a} = 450 \cdot \frac{7 \cdot 10^3}{(50 + 7)\,10^3} = 55{,}3$$

ergibt sich mit $\alpha = 5\,\% \mathrel{\hat{=}} 0{,}05$ ein Gegenkopplungsgrad

$$\frac{V}{V'} = 1 + \alpha \cdot V = 1 + 0{,}05 \cdot 55{,}3 = 3{,}8,$$

was einer verminderten Verstärkung

$$V' = \frac{V}{1 + \alpha \cdot V} = \frac{55{,}3}{3{,}8} = 14{,}6$$

entspricht.

In dieser Endstufe vergrößert sich also der Gegenkopplungsgrad allein durch die höhere Verstärkung V der Pentode.

Die an Hand der beiden Grundschaltungen ermittelten Gegenkopplungsgrade entsprechen im allgemeinen der praktischen Ausführung derartiger Verstärkerstufen und geben damit eine gewisse Übersicht über den bei der Gegenkopplung zu erwartenden Verstärkungsrückgang. In besonderen Fällen, zum Beispiel bei der Anodenbasisschaltung, wo keine Spannungsverstärkung, sondern nur eine Stromverstärkung beabsichtigt ist, wird der Gegenkopplungsgrad noch wesentlich höher und kann sogar den Wert von μ erreichen.

Anwendungsmöglichkeiten

Die bedeutendste positive Eigenschaft der Gegenkopplung, die Verminderung der nichtlinearen Verzerrungen, beruht auf der Möglichkeit, eine mehr oder weniger gekrümmte Röhrenkennlinie weitgehend zu linearisieren. Man kann sich diese ausgleichende Wirkung so vorstellen, daß das aus den Ersatzschaltbildern 3b und 4b zu ersehende Verhältnis von $R_a : R_i'$ durch einen kleineren Innenwiderstand der Röhre günstiger geworden ist. Während im Kurzschlußbetrieb nur der ursprüngliche Innenwiderstand R_i in Abhängigkeit von $\mathfrak{U}_g$ die Größe des Anodenstromes $\mathfrak{J}_a$ bestimmt, ist in den Ersatzschaltungen 2b bis 4b der Anodenstrom außerdem noch von R_a abhängig. Je kleiner der wirksame Röhreninnenwiderstand R_i' durch eine Gegenkopplung wird, um so geringer ist sein Einfluß auf $\mathfrak{J}_a$. Man hat es also in der Hand, mit der Gegenkopplung ein günstigeres Verhältnis von $R_a : R_i'$ zu schaffen, wobei jedoch ein entsprechendes Absinken der Leerlaufspannung $\mathfrak{U}_L$ durch ein kleineres μ' und damit eine verminderte Verstärkung V' in Kauf genommen werden muß.

Eine Frequenzabhängigkeit von R_a bewirkt bei Trioden, für die R_a größer als R_i ist, ein stärkeres Schwanken des Anodenstromes. Wenn zum Beispiel in der Schaltung 2b das Verhältnis $R_i : R_a$ zunächst bei 1 : 4 liegt, so kann dieses Verhältnis mit zunehmender Frequenz auf 1 : 6 ansteigen, wenn sich dabei R_a um 50% vergrößert. Dieses würde bedeuten, daß sich der aus R_i und R_a gebildete Kreiswiderstand um den Faktor 1,4 erhöht und dementsprechend der Anodenstrom auf das 0,7fache seines ursprünglichen Wertes zurückgeht. Die dabei erzielte Ausgangsleistung beträgt dann $\mathfrak{J}_a^2 \cdot R_a = 0{,}7^2 \cdot 1{,}5 = 0{,}75 \mathrel{\hat{=}} 75\%$ ihrer ursprünglichen Höhe. Um die hierdurch entstehende Bevorzugung der niedrigen Frequenzen zu unterdrücken, müssen die Schwankungen des Anodenstromes durch eine von seiner jeweiligen Stärke abhängige Gegenkopplungsspannung weitgehend ausgeglichen werden. Jede Stromgegenkopplung dient also letzten Endes zur Erzielung eines möglichst konstanten Anodenstromes.

Bei Pentoden dagegen, wo infolge des hohen Innenwiderstandes der Anodenstrom nahezu konstant bleibt, bewirkt eine durch Frequenzabhängigkeit verursachte Vergrößerung von R_a gleichzeitig eine Erhöhung der Ausgangsspannung und damit auch der Ausgangsleistung. Die hierbei auftretende Bevorzugung der hohen Frequenzen kann durch eine von der schwankenden Ausgangsspannung $\mathfrak{U}_a$ abhängige Gegenkopplung gemildert werden. Die Gegenkopplungsspannung wird im allgemeinen von einem hochohmigen Spannungsteiler, der den Außenwiderstand nicht merklich verändert, abgenommen. Dieser Spannungsteiler kann außerdem auch kapazitive Widerstände aufweisen und damit den Frequenzgang noch wirksamer beeinflussen. Grundsätzlich sollen mit einer Spannungsgegenkopplung die Schwankungen der Ausgangsspannung bei Röhren mit hohem Innenwiderstand unterdrückt werden.

Die Korrektur des Frequenzganges erfolgt in beiden Fällen durch eine frequenzabhängige Änderung der Gegenkopplungsspannung $\alpha \cdot \mathfrak{U}_a$. Bei der Stromgegenkopplung ändert sich vor allem die Größe α, bei der Spannungsgegenkopplung zunächst nur $\mathfrak{U}_a$; jedoch ist es üblich, mit einem frequenzabhängigen Spannungsteiler auch hier α zu verändern. Praktisch bewirkt dann vor allem der auch im Zusammenhang mit den gleichzeitig auftretenden Schwankungen der inneren Verstärkung V sich automatisch verändernde Gegenkopplungsgrad $1 + \alpha \cdot V$ eine Verbesserung des Frequenzganges.

Die Gegenkopplung wirkt sich außerdem in den Fällen vorteilhaft aus, wenn die innere Verstärkung V durch Betriebsspannungsänderungen, Röhrenwechsel oder -alterung starken Schwankungen unterliegt. Sinkt zum Beispiel in der Schaltung nach Bild 4 die mit V = 55,3 berechnete innere Verstärkung infolge Unterspannung um die Hälfte auf 27,65, so beträgt die wirksame Verstärkung V', die nach der Gleichung (6a) ursprünglich mit 14,6 ermittelt wurde, noch

$$V' = \frac{V}{1 + \alpha \cdot V} = \frac{27{,}65}{1 + 0{,}05 \cdot 27{,}65} = 11{,}6,$$

was einem Rückgang von nur 21% gegenüber 50% bei der inneren Verstärkung entspricht.

Die mit einer wesentlichen Änderung des Eingangs- bzw. Ausgangswiderstandes verbundene Wirkung der Gegenkopplung tritt besonders beim Katodenverstärker in Erscheinung. Diese auch als Anodenbasisschaltung bezeichnete Verstärkerart ist im Bild 5 dargestellt. Sie wird aus Anpassungsgründen vielfach in der UKW- und Meßtechnik angewandt. Aus der Grundschaltung ist zu ersehen, daß die Gitter-Katoden-Impedanz $R_{g/k}$ nicht parallel zur Eingangsspannung $\mathfrak{U}_e$, sondern an der wesentlich niedrigeren Gitterspannung $\mathfrak{U}_g$ liegt. Weil dadurch der Eingangswiderstand um das Verhältnis $\mathfrak{U}_e : \mathfrak{U}_g$ erhöht erscheint, bildet nach Gleichung (6) der Gegenkopplungsgrad gleichzeitig auch ein Maß für die Vergrößerung des Eingangswiderstandes. Bezeichnet man mit R_e den ursprünglichen Eingangswiderstand und stellt R_e' den wirksamen Eingangswiderstand eines Verstärkers mit Gegenkopplung dar, so erhalten wir die Beziehung

$$R_e' = R_e (1 + \alpha \cdot V). \qquad (7)$$

Beim Katodenverstärker dient die gesamte Ausgangsspannung zur Gegenkopplung, so daß $\alpha = 1$ ist. Der Gegenkopplungsgrad erhöht sich dadurch auf $1 + V$ und liegt dann etwas über der Höhe der inneren Verstärkung V. Wenn für den Katodenverstärker nach Bild 5 die Daten D = 3,3%, $\mu = 30$, $R_i = 10\ k\Omega$ und $R_k = 50\ k\Omega$ gegeben sind, erhält man für die innere Verstärkung

$$V = \mu \cdot \frac{R_k}{R_i + R_k} = 30 \cdot \frac{50 \cdot 10^3}{(10 + 50) \cdot 10^3} = 25$$

und für das Verhältnis $\mathfrak{U}_a : \mathfrak{U}_e$

$$V' = \frac{V}{1 + V} = \frac{25}{1 + 25} = 0{,}96,$$

wobei der Gegenkopplungsgrad $1 + V = 26$ beträgt. Nach der Gleichung (7) erhöht sich also bei diesem Katodenverstärker der wirksame Eingangswiderstand R_e' auf $26 \cdot R_e$.

Dieser beträchtlichen Erhöhung des Eingangswiderstandes steht eine ebenso bedeutende Herabsetzung des Ausgangswiderstandes gegenüber. Der letztere ergibt sich aus der Parallelschaltung von R_i' und R_k und wird besonders durch den verringerten Innenwiderstand der Röhre beeinflußt. Dieser Innenwiderstand R_i' beträgt nach Gleichung (3)

$$R_i' = \frac{1}{(1 + D) \cdot S} = \frac{\mu'}{S} \approx \frac{1}{S}.$$

Wegen der Möglichkeit, die Ein- und Ausgangswiderstände zweckmäßig zu verändern, bezeichnet man den Katodenverstärker auch als Impedanzwandler.

Zum Schluß sei noch kurz erwähnt, daß die Herabsetzung von Störgeräuschen in einem gegengekoppelten Verstärker auf die am Eingang notwendige höhere Signalspannung zum Ausgleich der Verstärkungsminderung zurückzuführen ist.

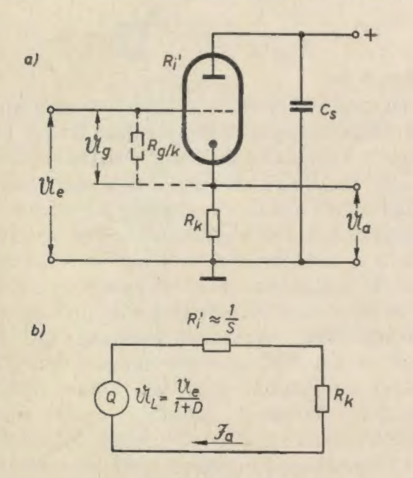


Bild 5: Katodenverstärker
a) Grundschaltung b) Ersatzschaltung

Transistoren nun auch in Rechenmaschinen

In sechsmonatiger Arbeit gelang es der IBM (Internationale Büromaschinen-Ges.), den ersten Digitalrechenautomaten mit Transistoren zu entwickeln. Das Versuchsmodell enthält an Stelle von 1250 Elektronenröhren 2200 Schichttransistoren, die in 595 kleinen Bausteinen mit gedruckten Schaltungen enthalten sind. Dadurch wurde eine 50prozentige Raumersparnis erzielt. Noch bemerkenswerter ist jedoch die Ersparnis an elektrischer Leistung. Sie beträgt 95%, da die Maschine nur 310 W gegenüber 6,2 kW einer ähnlichen mit Röhren aufnimmt. Es war daher auch nicht erforderlich, Luftkühlaggregate einzubauen. Der Herstellungspreis einer transistorbestückten Maschine liegt aber noch wesentlich über dem eines Röhrengerätes, und an eine Fertigungsaufnahme wird daher zur Zeit noch nicht gedacht.

Heimann

Entnommen aus: Electronics, November 1954, S. 6.

WERNER TAEGER

Der Telefunken-Fernsehempfänger FE 10

Der neue Fernsehempfänger FE 10 aus dem Produktionsprogramm 1954/1955 der Telefunken-Werke unterscheidet sich von seinem Vorgänger FE 9 nur in unwesentlichen Punkten. Allgemein ist festzustellen, daß die Gesamtröhrenzahl fast aller neuen Fernsehempfänger bei verbesserter Empfangsleistung vermindert wurde. Während das Gerät FE 9 noch mit 20 Röhren einschließlich Bildröhre, zwei Germaniumdioden und einem Selengleichrichter im Netzteil bestückt war, ist der neue Empfänger Typ FE 10 nur noch mit 18 Röhren, vier Germaniumdioden und einem Selengleichrichter aufgebaut.

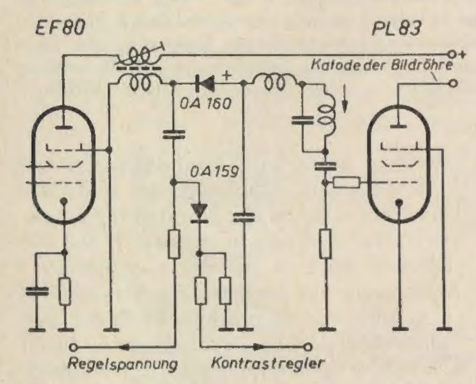


Bild 1: Bildgleichrichter- und Bildverstärkerschaltung im FE 10

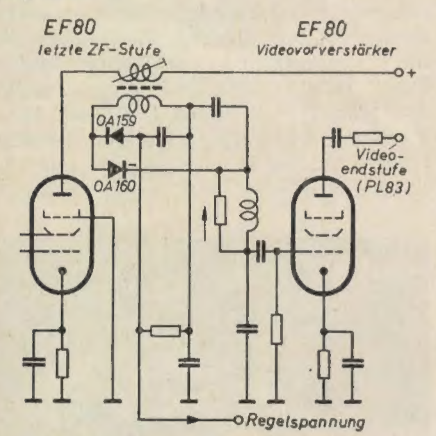


Bild 2: Bildgleichrichter- und Bildverstärkerschaltung im FE 9

Gleichzeitig ist aber die Zahl der zusätzlichen Sperr- und Saugkreise zur Unterdrückung der benachbarten Bild- und Tonträger von acht auf neun erhöht worden, womit natürlich die Selektivität, den zukünftigen Anforderungen beim weiteren Ausbau des Fernsehsendernetzes entsprechend, vergrößert wird. Für die Eingangsschaltung, den sogenannten Tuner, hat sich die Verwendung der PCC 84 in direkter Kaskodeschaltung als Vorstufe und der PCF 82 als Oszillator (Triodenteil) und Mischer (Pentodenteil) in fast allen Schaltungen durchgesetzt. Der ZF-Verstärker ist vierstufig und mit vier Röhren EF 80 bestückt; die Bild-ZF beträgt 25,75 MHz. Zur Erzeugung der Regelspannung und zur Bilddemodulation dient je eine Germaniumdiode OA 159 bzw. OA 160.

Gegenüber dem Typ FE 9 ist der Videoverstärker des Fernsehempfängers FE 10 nur einstufig ausgeführt und mit der PL 83 bestückt; der FE 9 hatte noch eine zusätzliche Vorverstärkerstufe mit der EF 80, die auf Grund der verbesserten Empfindlichkeit der Bildröhren jetzt überflüssig geworden ist. Hierdurch ergibt sich eine interessante Abweichung in der Schaltung der Geräte FE 9 und FE 10. Wird die Bildröhre, wie allgemein üblich, an der Katode gesteuert, muß die Modulationsspannung am Gitter der Videoendröhre positiv sein. Um das zu erreichen, ist der Richtwiderstand der Germaniumdiode OA 160 an deren Anode angeschlossen, wie Bild 1 erkennen läßt. Wird nun zur Verstärkungserhöhung (beim FE 9) eine weitere Röhre (EF 80) vor die Bildröhre geschaltet, ergibt sich durch die Phasendrehung in der Röhre um 180° eine entgegengesetzte Polarität des Bildsignals, das Bild würde nun negativ erscheinen, da die Bildröhre mit falscher Polarität gesteuert wird. Um die Polarität der Aussteuerung wieder im richtigen Sinn zu erhalten, könnte man die Bildröhre statt an der Katode am Wehneltzylinder steuern. Diese Methode ist aber ungewöhnlich, weshalb man hier die Polarität der Germaniumdiode ändert. Ein Vergleich der Schaltbilder des FE 9 (Bild 2) und FE 10 (Bild 1) zeigt, daß der Richtwiderstand der Germaniumdiode beim FE 9 nicht an der Anode wie beim FE 10, sondern an der Katode der Germaniumdiode angeschlossen ist.

Das gleiche Signal, das an die Katode der Bildröhre geführt wird, liegt auch am Gitter des ersten Systems der Impulstrennstufe ECC 82 (Bild 3). Die Vorspannung ist so gewählt, daß nur die im Signalgemisch enthaltenen Synchronimpulse das Röhrensystem aussteuern, der Bildinhalt wird abgeschnitten. An der Anode dieses Systems sind somit die vom Bildinhalt befreiten Impulse in negativer Polarität vorhanden. Das zweite System der ECC 82 ist mit der Anode des ersten galvanisch gekoppelt. Durch die zusätzliche Verstärkung im zweiten System wird die Polarität wieder um 180° geändert und das Dach der Impulse abgeschnitten, so daß am Ausgang des

Technische Daten

Zahl der Röhren:	18 einschl. Bildröhre, 4 Germaniumdioden, 1 Selengleichrichter; insgesamt 26 Funktionen
Bildgröße:	Bildschirmdiagonale 43 cm Bildabmessungen 27 × 36 cm
Empfangsbereiche:	Bd. I 3 Kanäle, 47 bis 68 MHz Bd. III 7 Kanäle, 174 bis 223 MHz 2 Reservekanäle
Bild-ZF:	25,75 MHz
Ton-ZF:	20,25 und 5,5 MHz Intercarrierverfahren
HF- u. ZF-Abstimmkreise:	11 für Bild 3 für Ton
Antenne:	Anschluß für 240-Ω-Leitung. Durch Umschaltung im Gerät auch für 60-Ω-Leitung geeignet. Drehbarer Dipol für Band III eingebaut

Amplitudensiebes die reinen Synchronimpulse ohne Bildinhalt positiv gerichtet und auf beiden Seiten geglättet vorhanden sind. Für die Vertikal- und Horizontalsynchronisierung wird je ein Sperrschwinger eingesetzt. Eine ECC 81 übernimmt diese Aufgabe in der vertikalen Richtung, während die Röhre PL 82 als Vertikalendstufe geschaltet ist. In der Horizontalablenkschaltung wird die EC 92 als Sperrschwingerröhre verwendet, die Endverstärkung übernimmt eine PL 81. Als Phasendiskriminator dienen zwei gegeneinander geschaltete Germaniumdioden OA 161 (Bild 3). Dem gemeinsamen Verbindungspunkt wird eine über einen 5-kΩ-Widerstand regelbare Spannung von der Bildendröhre PL 83 zugeführt. An den beiden in Reihe geschalteten Dioden liegt die Sekundärspannung des Impulstransformators, dessen Primärwicklung in den Anodenkreis des zweiten Systems der ECC 82 geschaltet ist. Je nachdem, ob die im Sperrschwinger erzeugte Horizontalfrequenz schneller oder langsamer als die vom Sender ausgestrahlte Impulsfrequenz ist, entsteht eine größere oder kleinere Regelspannung, die die Frequenz des Sperrschwingers auf ihren Sollwert zurückführt. Eine Hochspannungsdiode (Boosterdiode) PY 83 wirkt als elektronischer Schalter. Während des Horizontalhinlaufs ist die Diode stromführend, während des Rücklaufs gesperrt. Bei der PY 83 handelt es sich um eine strahlungsgeheizte Röhre, die Wärmeübertragung vom Heizfaden zur Katode erfolgt durch Strahlung, da aus Isolationsgründen wegen der hohen Impulsspannung ein größerer Zwischenraum zwischen Katode und Heizer vorgesehen werden muß.

Die beim horizontalen Rücklauf auftretenden hohen Spannungen werden in einer DY 80 gleichgerichtet. Die erzeugte Gleichspannung von 14 kV dient als Beschleunigerspannung für die Bildröhre MW 43—64 mit einer Bildschirmdiagonale von 43 cm (27 × 36 cm).

von Videoendröhre · ECC 82 · 25 kΩ · 5 nF · 0,2 MΩ · 100 pF · 3 MΩ · 1 MΩ · 2,5 nF · 5 kΩ · 500 pF · 3 kΩ · Impulstrafo · OA 161 · Horizontal-Sperrschwinger (EC 92) · OA 161 · 5 kΩ · Vertikalimpulsverstärker und Sperrschwinger (ECC 81) · waagerechter Bildfang von der Bildendröhre

Bild 3: Impulstrennstufe und Phasendiskriminator

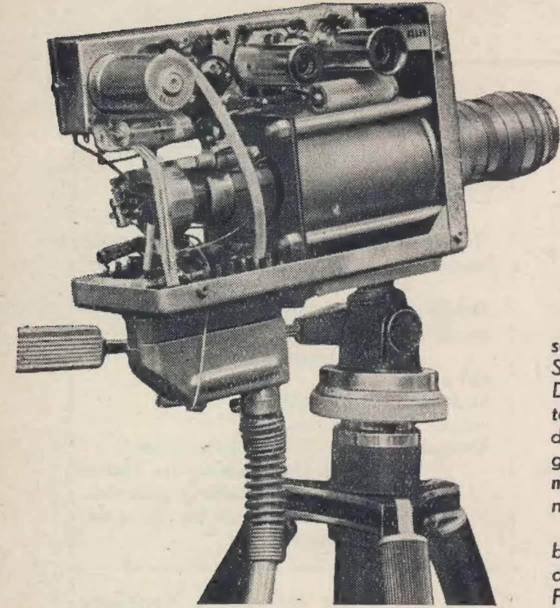


Bild 1: Das Grundig-„Fernauge". Kamera mit Resistron, Videovorverstärker und Austaststufe (Aufnahme: Rudolf Resch, radio-mentor)

REINHARD HEIMANN

Industrielles Fernsehen – Anwendung und Anlagen

Noch nicht 20 Jahre beherrscht der Mensch die Technik des elektronischen Fernsehens, aber schon ist die Schaltungstechnik für Empfänger, Sender und Aufnahmegeräte bis zu einer gewissen Standardisierung entwickelt. Die Frage der Wellenausbreitung wurde überraschend schnell geklärt. Die Versorgung großer Siedlungsgebiete mit einem technisch brauchbaren Programm ist heute keine technische, sondern nur noch eine wirtschaftliche Frage. Die rapide Entwicklung erlaubte sogar schon die Einführung des Farbfernsehrundfunks ⟨1⟩. Im Gegensatz zum Unterhaltungsrundfunk, der sich mit großen Schwierigkeiten gegen den kommerziellen Funk durchsetzen mußte, wurde diese bedeutende menschliche Schöpfung ausnahmsweise zuerst der Erholung, Unterhaltung und Bildung des Menschen nutzbar gemacht.

Seitdem allgemein bekannt ist, welche Vorteile durch das neue elektronische Verfahren der Fernbeobachtung und Fernüberwachung gegeben sind, wurde es von der fortschrittlichen Technik gern aufgegriffen. Seit etwa zwei Jahren ist die Zahl der Veröffentlichungen in der In- und ausländischen Fachpresse, die von einer Reihe erprobter Einsätze berichten, ständig gestiegen. Durch diese Einsätze konnten beträchtliche Senkungen der Betriebskosten bei gleichzeitiger Steigerung der Güte und Sicherheit der Produktion erzielt werden. Spezielle Verfahren zur Beobachtung und Auswertung mikroskopischer Objekte wurden bereits in dem Beitrag Fernsehmikroskopie, Heft 1(1955) S. 6 bis 8 dieser Zeitschrift behandelt.

Der folgende Beitrag gibt eine Übersicht über mögliche industrielle und kommerzielle Einsätze des Fernsehens, die damit erzielten Ergebnisse und die dabei benutzten Anlagen. Die Kollegen in unseren Industriebetrieben werden auf Grund der angegebenen Beispiele auch in ihrem Arbeitsbereich bald vorteilhafte Einsatzmöglichkeiten für dieses Verfahren sehen, das wie kaum ein anderes geeignet erscheint, unsere industrielle Entwicklung ein Stück vorwärts zu bringen. Den Kollegen der einschlägigen Geräteindustrie wird die Forderung der Praxis aber Ansporn genug sein, um auch uns recht bald Anlagen für das industrielle Fernsehen zur Verfügung zu stellen.

Anwendungsmöglichkeiten

Der Vorteil der fotoelektrischen Bilderzeugung und -übertragung gegenüber fotografisch-optischen Verfahren liegt, abgesehen von der nicht zu überbietenden Unmittelbarkeit, physikalisch in der höheren Empfindlichkeit der Fernsehkamera, in ihrem größeren räumlichen und spektralen Sichtbereich sowie in der optischen Speichermöglichkeit begründet. Es können ebensoleicht große Kontrastunterschiede verarbeitet wie auch fotografisch schwer darzustellende schwache Kontraste angehoben werden. Die Erweiterung des Empfindlichkeitsbereiches bis in das Spektralgebiet des Ultraviolett und Ultrarot hinein gestattet es, auch solche Zustände unmittelbar sichtbar zu machen, die dem menschlichen Auge bisher verborgen blieben. Obwohl Empfindlichkeit und Auflösungsvermögen der heutigen Kameraröhren noch nicht an die Eigenschaften des menschlichen Auges herankommen, bietet die Errungenschaft des „Fernsehens" als solches bereits derartige Möglichkeiten für den industriellen Einsatz, insbesondere für die elektronische Betriebsmeßtechnik, daß die Grenzwerte nur selten beansprucht werden.

Elektronisches Filmen

Die im Fernsehstudio übliche Technik ist auch zur Herstellung von Spielfilmen im Filmstudio angewandt worden [2]. Dadurch kann die Filmproduktion um das 10fache gesteigert werden. Erforderten bisher eine bis zwei Minuten endgültige Spielzeit einen Tag Studioarbeit, so gestattet das elektronische Verfahren die Produktion eines Filmstreifens für 20 Spielminuten in gleicher Zeit. Durch das Mischen der von mehreren Kameras mit verschiedenen Blickwinkeln aufgenommenen Bilder stellt der Produktionsleiter das endgültige Filmbild dar, das vom Schirm der Bildröhre abfotografiert wird. Dieses Verfahren wurde bisher vor allen Dingen bei der Speicherung von Fernsehoriginalsendungen erprobt. Allerdings mußte die Zeilenzahl auf über 1000 erhöht werden, um die Güte des Schirmbildes der des fotografischen Bildes anzupassen. Durch die Möglichkeit der unmittelbaren Magnetbandspeicherung des Bildinhaltes [siehe RADIO UND FERNSEHEN Nr. 8 (1954) S. 232 und Nr. 4 (1955) S. 104] dürfte das elektronische Filmen in der Zukunft die fotografische Methode ablösen.

Forschung und Medizin

In der medizinischen Fachwelt fand die Fernsehübertragung einer Operation auf dem Chirurgenkongreß am 15./16. Oktober 1953 in Marburg große Beachtung [3]. Erstmalig wurde in Deutschland mit einer industriellen Fernsehanlage, die von der Fernseh AG geschaffen und von der Hanauer Quarzlampengesellschaft in eine Operationsleuchte eingebaut worden war (Bild 2), eine Operation „in vitro" auf Bildschirmen von Empfangsgeräten einem großen Zuschauerkreis vorgeführt. Hiermit ergeben sich für die Ausbildung unserer Medizinstudenten neue Möglichkeiten. Wurden bisher mitunter schon interessante Operationen auf Film festgehalten, wobei der tätige Arzt durch die erforderlichen hohen Lichtstärken und den Aufbau der Apparate stark behindert wurde, so läßt sich das Fernsehbild jetzt nicht nur in einem abgetrennten Raum beobachten, sondern auch vom Bildschirm fotografisch speichern. Die erwähnte Operationsleuchte ist außerdem mit einer normalen Kleinbildkamera mit automatischem Filmtransport und zwei Elektronenblitzen zur Herstellung einzelner Farbaufnahmen ausgestattet. Schwierigkeiten bereitet bei der medizinischen Anwendung die im roten Spektralbereich stark abfallende Empfindlichkeit der Aufnahmeröhren. Das Farbfernsehen dürfte hier später einmal noch günstigere Ergebnisse liefern.

Die Entwicklung einer Röhre mit röntgenlichtempfindlicher Fotokatode [14] ermöglichte ein direktes Beobachten und die Fernübertragung von Röntgenbildern ohne Zwischenschalten eines Leuchtschirmes. Da die Empfindlichkeit dieser Katoden recht gering ist, sollen derartige Röhren vorerst für Forschungs- und Materialprüfaufgaben mit hoher Röntgen-

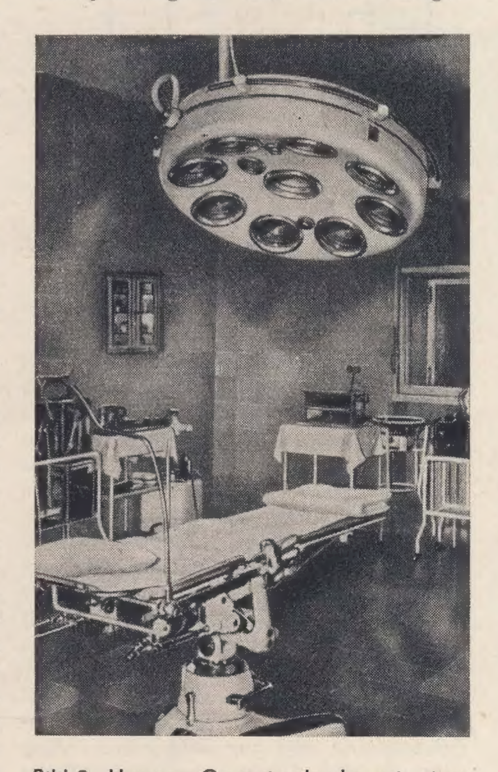


Bild 2: Hanauer Operationsleuchte mit eingebauter Fernsehkamera

dosis eingesetzt werden. Die Direktbeobachtung des Röntgenschattenbildes eines Zerreißvorganges von Metallkörpern ließ den Berst- und Bruchprozeß außerordentlich gut verfolgen und vermittelte neue Erkenntnisse. Durch die Röntgenschirmbildabtastung mit Hilfe des Fernsehens ist darüber hinaus der Beobachter keiner gefährdenden Strahlung mehr ausgesetzt.

Überall dort, wo eine Direktbeobachtung gefährlich oder gar unmöglich ist, hat sich das Fernsehverfahren bewährt. In diesem Zusammenhang seien die in Wochenschauen gezeigten Aufnahmen von Atomversuchen erwähnt. Sie wurden nach der Fernsehübertragung an einem von der Gefahrenzone entfernten sicheren Ort vom Bildschirm aufgenommen. Auch für Explosionsuntersuchungen, Beobachtungen nichtzerstörungsfreier Werkstoffprüfung und sogar für „Unterwassersehen" ist das Fernsehen eingesetzt worden. Eine wasser- und druckfest eingebaute Fernsehkamera wurde in 300 m Meerestiefe zur Suche und zur Bergung des Wracks des Großflugzeuges „Comet" eingesetzt [15]. In Überschallwindkanälen können Stoßwellen an Profilen mittels der Schlierenbeobachtungsmethode sichtbar gemacht und mit Hilfe der Fernsehkamera bequem zum Steuerpult übertragen werden. Ein ähnliches Verfahren wurde beim Studium von Düsenbrennern und Raketenantrieben angewendet [4].

Kommerzieller Einsatz

Wenn aus Amerika bekannt wird, daß 4500 Teilnehmer in 15 verschiedenen Städten mit Hilfe des Fernsehens eine Konferenz abhielten, so kann man über die Zweckmäßigkeit dieses Fernseheinsatzes geteilter Meinung sein. Realer klingt es schon, daß eine Bank zur Unterschriftenkontrolle von Schecks eine Fernsehanlage einsetzt und durch beschleunigte Kundenabfertigung nun jährlich etwa 60000,— Mark an Personal und Raumkosten spart. Die Fernkontrolle von wichtigen Verkehrsknotenpunkten, bewachter Anlagen, Gelände und Grenzen erspart in jedem Fall Personal und ist oft taktisch wertvoll. Unbedingt erforderlich wurden Fernsehanlagen zur Verkehrsleitung auf Hauptflugplätzen (zum Beispiel London). Selbst in der Flugnavigation überträgt man beim Teleranverfahren das Radarschirmbild der Bodenstation fernsehmäßig an den Piloten. Er kann somit seinen eigenen Kurs verfolgen und erhält außerdem Weisungen der Leitstelle in das Bild eingeblendet. Mit dem Einsatz im Eisenbahnbetrieb, zur Kontrolle der Achslager, Fernablesung der Wagenbeschriftungen, Kontrolle von Bahnübergängen und Bahnsteigen und zur Unterstützung des Rangierbetriebes ist ein recht aussichtsreiches Gebiet genannt worden.

Industrieller Einsatz

Für die meßtechnische Überwachung von industriellen Prozessen und Anlagen haben Ingenieure und Techniker in jahrelanger Arbeit Meßsysteme entwickelt, die eine recht betriebssichere Fernübertragung aller möglichen Meßgrößen und deren Zusammenfassung in Warten zulassen. Dabei wurden wegen der guten Fernübertragbarkeit elektrische Meßgeräte nach Möglichkeit auch zur Erfassung nichtelektrischer Größen eingesetzt. Es wäre nun absurd, zur Demonstration des Fernseheinsatzes in der Industrie nur auf dem Bildschirm abgebildete Instrumentenbretter anzugeben. Hiermit wird wohl kaum ein sinnvoller Fernseheinsatz veranschaulicht. Die „Fernsehmeßtechnik" kann überall dort angewendet werden, wo ein einzelner Meßwert kein Kriterium für den tatsächlichen Ablauf eines Prozesses ist und es auch bei einer Weiterentwicklung der Meßtechnik nie sein kann. Die ständig weiterentwickelte Automatisierung und Rationalisierung bringt es immer häufiger mit sich, daß das noch an der Bandstraße oder ähnlichen Einrichtungen verbliebene Personal gar nicht mehr in der Lage ist, den ganzen Bereich ständig zu überblicken. Auch der Mann in der zentralen Warte kann nicht alle notwendigen Arbeitsvorgänge nach Instrumenten steuern. In den großräumigen Bergbautage- und -untertagebetrieben könnte ein Fernsehnetz die Arbeit der Leitung noch besser unterstützen als es heute der recht verbreitete Funkeinsatz bereits ermöglicht.

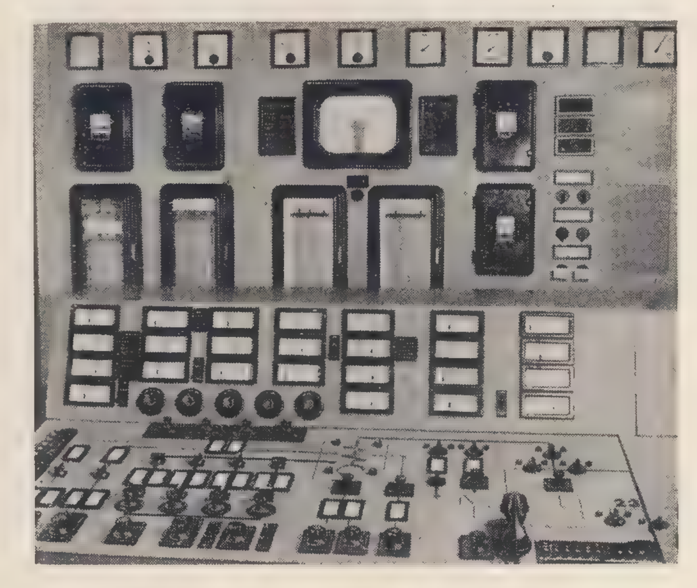


Bild 3: Kesselleitstand mit eingebautem Fernsehempfänger der Siemens-Fernsehanlage zur wärmetechnischen Betriebsüberwachung

Ganz allgemein wird die Leistungsfähigkeit jeder zentralen Leitung einer industriellen Produktion durch ein gut ausgebautes Fernsehnetz ganz wesentlich verbessert werden können. Beim Einsatz infrarotempfindlicher Bildspeicherschirme kann man selbst noch in Dunkelbetrieben eine Übersicht behalten. Es ist aber auch möglich, die menschlichen Arbeitsbedingungen zu verbessern. So wird beschrieben [6], wie in einem Stahlwerk ein Mann die Förderbänder von zwei Glühöfen fernsteuert. Dazu stehen ihm vier Kameras zur Verfügung. Von seinem abgesetzten verglasten Kontrollraum aus beschickt er die Öfen mit 4 t schweren Stahlblöcken, wozu er wahlweise eine der Kameras auf den Bildschirm, der sich über seinem Steuerpult befindet, schalten kann. Ohne daß sich ein Mensch der Strahlungshitze aussetzt, kann der Schmelzfluß des Hochofens, der Feuerraum von Kesselanlagen und ähnliches beobachtet werden.

Es gibt aber auch meßtechnische Aufgaben, die trotz aller noch so zuverlässigen Fernmeßgeräte ein direktes Ablesen erfordern. Dazu gehört vor allem die Wasserstandsablesung an großen Dampfkesseln. Hierfür sind auch die ersten industriellen Fernsehanlagen eingesetzt worden [5, 6, 7, 8, 9]. In einem modernen halb- oder vollautomatisch geregelten Kraftwerk erfolgt die Bedienung von einer zentralen Warte aus. Zwischen dieser Warte und den Kessel- und Turbinenhäusern müssen die Meß- und Steuerleitungen oft Entfernungen von 200 m überbrücken. Für die Fernbedienung von Kesseln und Maschinen verursacht das keine Schwierigkeiten. Nach Vorschrift muß aber jeder Dampfkessel mit zwei unabhängig voneinander wirkenden Wasserstandsanzeigen ausgerüstet sein. Eine von beiden muß ein Glaswasserstand sein, der, ausreichend beleuchtet, vom Bedienungsplatz des Kesselspeisewärters stets überblickt werden kann. Das führt bei abgesetzten Warten zu Schwierigkeiten. Wenn auch die Fernwertanzeige kaum störanfällig ist, so stehen doch hier so große Werte auf dem Spiel, daß eine Fernsehübertragung der Anzeige des Wasserstandglases gerechtfertigt ist. Auf jeden Fall wird diese Anzeige nie fehlerhaft sein. Beim Ausfall der Fernsehanlage ist der Fehler sofort zu erkennen, und die Kesselspeisung wird am Ort von einem Wärter übernommen. An die Anlage können wieder mehrere Kameras angeschlossen werden, deren Bildmodulation wahlweise auf den Beobachtungsschirm geschaltet wird. Für das Anfahren und Abstellen der Kessel hat sich die Fernbeobachtung des Brenners von der Warte aus als sehr zweckmäßig erwiesen. Ebenfalls kann die Kontrolle des Rauchaustrittes aus dem Schornstein für das Bedienungspersonal wichtig sein.

Zur Verkürzung der Anlernzeit von Löterinnen in der Fließbandfertigung elektronischer Geräte, wo derselbe Arbeitsgang von mehreren Kräften zugleich ausgeführt werden muß [16], erhält jeder Arbeitsplatz ein Bildwiedergabegerät. Ein Vorarbeiter führt die Handgriffe vor und wird dabei von den Löterinnen nicht „über die Schulter", sondern über ein „Fernauge" aus günstigem Blickwinkel beobachtet.

Um die Führung großer Kräne oder Baggeranlagen zu erleichtern, wird das Blickfeld des Führungspersonals zweckmäßig erweitert. Bringt man zum Beispiel am äußersten Ende des Auslegers eine Fernsehkamera an, so erhält man einen bisher unerreichbaren Überblick über den tatsächlichen Arbeitsplatz des Greifers. Zweifellos kann somit der Arbeitsablauf beträchtlich beschleunigt werden.

Industrielle Fernsehgeräte und -anlagen

Bildaufnahmeröhren

Ohne auf die Einzelheiten des Aufbaues und die Funktion der verschiedenen industriell eingesetzten Bildaufnahmeröhren einzugehen, was bereits in anderen Beiträgen dieser Zeitschrift erfolgt ist, soll eingangs auf die Vorteile und Eigenschaften der einzelnen Röhrentypen für die in Frage kommende Verwendung hingewiesen werden. Die erwähnten verschiedenartigsten Aufgabenstellungen erfordern eine besondere Auswahl geeigneter Röhren. Dabei muß bemerkt werden, daß in den meisten Fällen an die Qualität des Bildes, das heißt die Bildpunktauflösung, keine studiomäßigen Ansprüche gestellt werden. Oft kommt es auch gar nicht darauf an, besonders schnell verlaufende Vorgänge in höchster Schärfe zu verfolgen, so daß bezüglich Trägheit der Fotokatode gewisse Zugeständnisse gemacht werden können. Viel wichtiger ist es vielmehr, mit möglichst kleinen Beleuchtungsstärken auszukommen, um studioähnliche Beleuchtungseinrichtungen zu vermeiden. Allgemein ist für den industriellen Einsatz eine besonders robuste Ausführung der Geräte einschließlich der Röhren erforderlich. In vielen Fällen stellen klimatische und korrosive Beanspruchungen den Gerätekonstrukteur vor keine leichten Aufgaben. So wurden bereits mit Wasser oder Druckluft gekühlte Kameragehäuse und Abbildungsobjektive benutzt. Nicht zuletzt ist für die Beurteilung der Rationalität einer Anlage der Betriebsstundenpreis ausschlaggebend. Dieser wird aber vom Preis der Aufnahmeröhre bestimmt, vor allem dann, wenn diese nur eine kurze Lebensdauer hat. Es sei darauf hingewiesen, daß sich zum Beispiel beim industriellen Einsatz der Hochfrequenzwärme der Röhrenpreis ebenfalls hemmend auf eine schnelle Verbreitung der Verfahren in der Praxis ausgewirkt hat.

Die im Ausland seit mehreren Jahren eingesetzten Anlagen arbeiten noch vorwiegend mit dem ersten technisch gefertigten Röhrentyp, der elektrostatischen Bildzerlegerröhre nach Farnsworth (image dissector). Obwohl bei dieser Röhre das Verhältnis von Signal- zu Rauschspannung sehr ungünstig ist, zeichnet sie sich durch einen großen Lichtempfindlichkeitsbereich aus, sie gibt die hellsten und die dunkelsten Stellen eines Bildes mit bestem Kontrast wieder. Da die Röhre außerdem ohne einen mehr oder weniger trägen Bildspeicher arbeitet, enthalten die von ihr gelieferten Bilder keinerlei Verzeichnungen durch Nachleuchten oder Überstrahlung benachbarter Elemente der Signalplatte (blooming). Überall dort, wo schnell veränderliche Objekte auch genügend Licht aussenden, wie beim Studium von Düsenantrieben und Flammenbildungen [4] und bei der Steuerung von Glühöfen [5], arbeitet sie zufriedenstellend. Da die elektrostatische Bildzerlegerröhre keine Glühkatode hat, dürfte ihre Lebensdauer unübertroffen sein.

Nicht bewährt hat sich die Röhre mit dem kompliziertesten Systemaufbau, das Image-Orthikon. Trotz der großen Lichtempfindlichkeit konnte es wegen seiner starken Mikrofonie und des starken blooming teilweise nicht eingesetzt werden, was insbesondere die Arbeit an Windkanälen und die Untersuchung von Düsenantrieben betrifft [4].

Die uns bekannten und nachstehend beschriebenen deutschen Anlagen sind mit dem Rieselikonoskop (Siemens), Superikonoskop (Philips) oder Resistron (Grundig) bestückt. Das Vidicon, die kleine und verhältnismäßig einfach aufgebaute Aufnahmeröhre mit einer Halbleiterfotokatode, wurde erst vor wenigen Jahren von der RCA herausgebracht. Sie ist besonders lichtempfindlich. Bei nur 300 V Anodenspannung liefert sie beachtliche Bildsignalspannungen. Der Schaltungsaufwand ist gering. Eine Röhre ähnlicher Funktion ist das „Resistron". In der Deutschen Demokratischen Republik wurde sie unter der Bezeichnung „Endikon" entwickelt. Die bekannte und bisher nicht zu beseitigende Trägheit (Regenerationszeit) der Fotohalbleiterschicht läßt ihre Verwendung zur Übertragung schnell bewegter Vorgänge nicht zu. Solche schnell bewegten Objekte und Bildpunkte erscheinen auf dem Bildschirm mit einer nachfolgenden Fahne. Das von Grundig benutzte Resistron ist bei höchster Empfindlichkeit im blauen Spektralbereich (460 mμ) mit einer Fotokatode aus amorphem Selen oder aber mit einer Antimontrisulfidkatode mit einer maximalen Empfindlichkeit im Rot (710 mμ) ausgerüstet. Im ersten Fall genügt bei einer Blendenöffnung von 1 : 2 bereits eine Beleuchtungsstärke von 50 bis 100 lx, im zweiten von 250 lx. Im industriellen Sektor verbleibt daher dem Vidicon ein weiter Anwendungsbereich. Sogar für die komplizierte Schlierenbeobachtung von Stoßwellen an Profilen im Überschallwindkanal bei einem äußeren Geräuschpegel von 100 Phon ließ es sich noch gut verwenden.

Eingangs wurde schon gesagt, daß es durch eine spezielle Ausbildung der Fotokatoden möglich ist, einzelne Röhrentypen auch für den ultravioletten und ultraroten Spektralbereich zu sensibilisieren. Das trifft besonders für die Halbleiterkatoden der Vidiconröhren zu. Philips entwickelte sogar eine Katode aus präpariertem Bleioxyd, die für Röntgenlicht empfindlich ist [14].

Industrielle Fernsehanlagen

Die von Siemens zusammen mit der Fernseh AG herausgebrachte Anlage ist speziell für die wärmetechnische Betriebsüberwachung, das heißt für die Kesselkontrolle, entwickelt worden. Das Funktionsschema zeigt Bild 7.

Kamera: Hinter der Fotooptik befindet sich in einer auswechselbaren Patrone das Rieselikonoskop. Das Horizontal- und Vertikalablenkgerät und der Videovorverstärker sind ebenfalls in dem mit Druckluft gekühlten Kameragehäuse untergebracht.

Der Kameraschrank enthält den Taktgeber für Kamera und Bildempfänger sowie für jede Kamera einen Verstärker. Es können eine bis drei Kameras angeschlossen werden, da Platz für die entsprechende Anzahl Bildverstärker im Schrank vorgesehen ist.

Bildempfänger (Monitor): Die aus dem Schrank gelieferte Videofrequenz wird hier nochmals verstärkt und der Bildröhre mit einer Schirmgröße von 290 × 210 mm zugeführt. Die notwendigen Kippgeräte sind ebenfalls im Gerät enthalten.

Alle drei Einheiten, die durch max. 150 m lange Kabel miteinander verbunden sind, werden vom Fernbedienungsgerät aus gesteuert. Dieses ist mit einem 10 m langen Kabel am Bildempfänger angeschlossen und enthält die Regler für Schärfe, Helligkeit und Kontrast der Kamera- und Bildröhre sowie einen Wahlschalter zum wahlweisen Anschluß einer der drei Kameras an den Empfänger. Eine Telefonleitung gestattet die Sprechverbindung mit Schrank und Kamera beim Einstellen der Anlage.

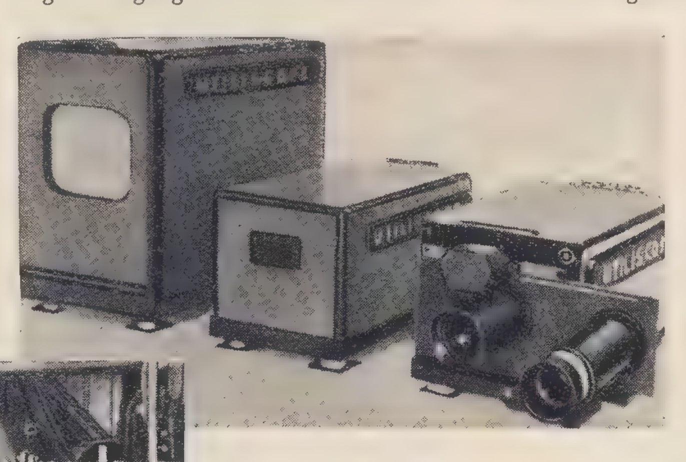
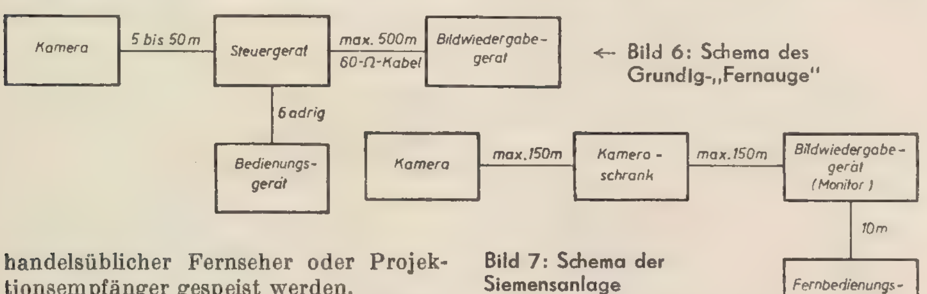


Bild 4: Eine bewährte ältere industrielle Fernsehanlage, das Utiliscope

Bild 5: Einsatz des Utiliscope bei der Wasserstandsbeobachtung

Die Bildabtastung erfolgt nach der europäischen Norm mit 625 Zeilen und einfachem Zeilensprung mit je 50 Halbbildern in der Sekunde. Die Beleuchtungsstärke muß mindestens 200 lx, normal aber 500 lx bei einer Optik 1 : 2 auf dem Objekt mit 80% Reflexion der hellen Stellen betragen.

Die Anlage von Philips besteht nur aus zwei Einheiten, der Kamera GM 4903 und dem Monitor GM 4902, die durch ein max. 250 m langes Kabel verbunden sind. Weitere Empfänger (Tochtergeräte GM 4910) können an den Monitor angeschlossen werden. In Verbindung mit einem Bildmustergenerator GM 2657 kann mit dem gelieferten Videosignalgemisch ein



← Bild 6: Schema des Grundig-„Fernauge"

Bild 7: Schema der Siemensanlage

handelsüblicher Fernseher oder Projektionsempfänger gespeist werden.

In die Kamera ist hinter der auswechselbaren Optik das Superikonoskop mit den Ablenksystemen und der Videoverstärker mit 5 MHz Bandbreite eingebaut. Das Verbindungskabel mit einem Außendurchmesser von 13 mm besteht aus 13 isolierten Adern und einer Koaxialleitung. Mit Zusatzverstärkern können auch über 250 m lange Kabel benutzt werden.

Im Bildempfänger (Monitor) sind der stabilisierte Netzteil, das Vertikalablenkgerät mit netzsynchronisiertem Sperrschwinger, der Horizontalkippteil mit freilaufendem LC-stabilisierten Multivibrator, ein fünfstufiger Bildverstärker, ein Niederfrequenzverstärker für die Gegensprechverbindung zwischen beiden Geräten und die 22-cm-Bildröhre MW 22—16 untergebracht. Zeilen- und Bildfrequenz sind nicht gekoppelt. Es wird kein Zeilensprung angewandt. Die Synchronisierimpulse werden der Kamera über das Kabel zugeführt. Das Gerät enthält sämtliche notwendigen Regler für Kamera- und Bildröhre. Außer Bild- und Kameraröhre, einigen Stabilisatoren und Kristallgleichrichtern gehören zu der Anlage 36 Elektronenröhren bei einer Leistungsaufnahme von 240 W.

Die angegebenen Maße und Gewichte vermitteln einen Eindruck vom Umfang der Anlage.

Kamera: $31 \times 23 \times 31$ mm, 9 kg,
Monitor: $45 \times 53 \times 37$ cm, 40 kg.

Das Grundig-„Fernauge" setzt sich aus vier Einheiten zusammen, wie in Bild 6 schematisch dargestellt ist. Durch den Einsatz des Resistron war es möglich, den Schaltungsaufwand auf ein Minimum zu reduzieren, was sich auch auf die Größe der Geräteteile auswirkte.

Kamera: Eine auswechselbare Optik bildet den betrachteten Vorgang auf der Halbleiterfotokatode ab. In der nur 3 kg schweren und $21 \times 15 \times 9$ cm großen Kamera sind neben den Ablenk- und Fokussierungsspulen nur noch vier Röhren in der Bildvorverstärker- und Austaststufe enthalten.

Das Steuergerät ($21 \times 30 \times 42$ cm groß und 25 kg schwer) ist durch ein 5 bis 50 m langes Kabel mit der Kamera verbunden. Es enthält den Taktgeber für das vereinfachte Synchrongemisch. Das Bild wird mit etwa 350 Zeilen abgetastet, die horizontale Bildauflösung ist größer als 420 Schwarz-Weiß-Wechsel. Der Bildverstärker hat einen videofrequenten Ausgang zum Anschluß eines speziellen Bildwiedergabegerätes. Über eine Modulationsstufe wird diese Videofrequenz hochfrequent an einen weiteren Ausgang geführt. Die Hochfrequenzwahl erfolgt je nach dem anzuschließenden handelsüblichen Fernseher. Der Stromversorgungsteil mußte elektronisch stabilisiert werden. Die Schaltung ist mit 21 Röhren aufgebaut.

Das Bedienungsgerät, ein nur $5{,}5 \times 9{,}5 \times 16{,}5$ cm großer Kasten, enthält drei Regler für Schärfe, Signalelektrodenspannung und Strahlstrom der Aufnahmeröhre. Es wird mit einem beliebig langen sechsadrigen Kabel mit dem Steuergerät verbunden.

Das Bildwiedergabegerät ist entweder ein spezielles videofrequentes Beobachtungsgerät mit 21"-, 17"- oder 120-mm-Bildschirm, es kann aber auch jeder handelsübliche Fernseher angeschlossen werden. Die Verbindung zum Steuergerät wird über ein max. 500 m langes 60-Ω-Koaxialkabel hergestellt.

Die interessante Schaltung ist in [10] vollständig beschrieben.

Überblickt man abschließend nochmals die Entwicklung des industriellen Fernsehens, so könnte man der Meinung sein, daß diese immerhin recht weit entwickelten Anlagen bereits eine verbreitete Anwendung gefunden hätten. Das vielleicht älteste Gerät dieser Art, das Utiliscope (Bilder 4 und 5), ist von 1946 bis 1953 in etwa 200 Anlagen eingebaut worden [5]. Da dieses Gerät mit dem langlebigen Bildsondenrohr (image dissector) ausgerüstet war, bewährte es sich im Dauereinsatz ausgezeichnet. Es wird von einjährigem ununterbrochenem Betrieb berichtet. Dagegen gestalteten die üblichen Studioröhren mit ihrer nur wenige Hundert Betriebsstunden zählenden Betriebsdauer den Betrieb teuer und unsicher. Erst die Entwicklung der Vidiconröhren erlaubte es, einfachere und billigere Anlagen auf den Markt zu bringen.

Literatur

[1] —, Schneller Fortschritt des Farbfernsehens öffnet den Weg zur Massenfertigung, Electrical Engineering 73 (1954) 11, S. 1047.
[2] Macnamara, Elektronisches Filmen, Wireless World, (1953) 4, S. 153.
[3] F. Günther, Eine Anlage zur Fernsehübertragung von Operationen, Kino-Technik (1953) 11, S. 319.
[4] Friswold, Fernsehbeobachtung des Verbrennungsmechanismus bei Raketenantrieben, Electronics 26 (1953) 10, S. 187 bis 189.
[5] G. H. Wilson, Fernsehen in der Industrie, Electrical Engineering 72 (1953) 2, S. 125 bis 130.
[6] G. Laycock, Die Fernsehkamera in ihrer industriellen Anwendung, Kino-Technik (1953) 11, S. 318.
[7] E. F. Spiegel, Kommerzielles und industrielles Fernsehen, Z. VDI 96 (1954) 27, S. 924 bis 926.
[8] Rudolf Wissell, Das Fernsehen bei der wärmetechnischen Überwachung von Kesselanlagen, Brennstoff-Wärme-Kraft 5 (1953) 4, S. 135 bis 137.
[9] Philips-Meßgeräte, Fernsehanlage für Industrie, Forschung und Unterricht, Informationen EM 6-X 1.
[10] E. F. Spiegel, Das Fernauge, eine Fernsehaufnahmeanlage für kommerzielle und industrielle Zwecke, radio mentor 20 (1954) 6, S. 316 bis 321.
[11] —, Billigeres industrielles Fernsehen, Electronic Engineering 26 (1954), S. 320, 440.
[12] Kirchstein, Industrielles Fernsehen, ETZ-A 75 (1954) 18, S. 638 bis 640.
[13] Flory, Pike, Gray, Kamerazusatz für Fernsehempfänger, Electronics 27 (1954) 1, S. 141 bis 143.
[14] L. Heijne, P. Schagen, H. Bruining, Eine experimentelle Aufnahmeröhre für Fernsehen mit Anwendung der Fotoleitung, Philips Technische Rundschau 16 (1954) 2, S. 43 bis 45.
[15] —, Unterwasserfernsehen bei der Suche nach „Comet", Electronics 27 (1954) 3, S. 198.
[16] —, Industrielles Fernsehen verkürzt die Anlernzeit, Electronics 27 (1954) 12, S. 20.

Neuheiten an Philips-Elektronenstrahloszillografen

Der kleine Philips-Oszillograf Typ GM 5655/02 besitzt zwei Meßverstärker mit einem Frequenzbereich von 3 Hz bis 150 kHz (— 3 db) und ist nicht nur für die allgemeine NF-Technik, sondern auch für verschiedene Aufgaben des Fernsehservice geeignet. Der Oszillograf ist mit der doppelt-symmetrischen Elektronenstrahlröhre DG 7—5 und modernen Novalröhren bestückt.

Während alle Philips-Oszillografen des bisherigen Lieferprogramms mit Wechselspannungsverstärkern ausgestattet sind, verfügt der neue Oszillograf Typ GM 5656 mit einer 10-cm-Elektronenstrahlröhre über zwei gleichwertige Gleichspannungsverstärker für die senkrechte und waagerechte Ablenkung mit einem Frequenzbereich von 0 bis 200 kHz. Zur Erhöhung der Empfindlichkeit auf 5 m V_{eff} kann dem Vertikalverstärker ein eingebauter Vorverstärker mit 36facher Verstärkung vorgeschaltet werden. Die zweckmäßige Schaltung gestattet, das Oszillogramm bis auf das Fünffache zu dehnen.

Zur Registrierung von Oszillogrammen ist die Voigtländer-Philips-Registrierkamera FE 106 geeignet, die auf alle Philips-Oszillografen mit 10-cm-Elektronenstrahlröhren aufgesetzt werden kann. Für ein zügiges Arbeiten mit dieser Kamera wird ein Magazin FE 19 für die Aufnahme des Registriermaterials nunmehr auch zusätzlich geliefert; für die genaue Auswertung steht eine Spezialauswertlupe zur Verfügung.

Antennen und Dipole der Firma „KATHREIN“

Es gilt noch immer der Satz, insbesondere für den Fernsehempfang, daß eine gute Antenne der beste Hochfrequenzverstärker ist. Auch in der Nähe eines Senders, wo verhältnismäßig hohe Feldstärken zur Verfügung stehen, ist das Benutzen der in einigen Fernsehempfängern eingebauten Gehäuseantenne nur in Ausnahmefällen zu empfehlen. Wegen der HF-Reflexionen an sich bewegenden Objekten oder auch nur durch Personen in der Nähe des Empfängers ergibt sich als Nachteil von Gehäuseantennen fast immer ein starkes Schwanken der Bildqualität. Ein vorschriftsmäßiger Fernsehdipol in größerer Höhe über dem Dach ist in jedem Fall vorzuziehen.

Mit einem umfangreichen Antennenprogramm wartet die Firma Anton Kathrein in Rosenheim (Oberbayern) auf. Es werden Antennen für den Hörrundfunk auf allen Wellen, für den Fernsehrundfunk, kombinierte Antennen und Autoantennen für jeden Wagentyp gefertigt.

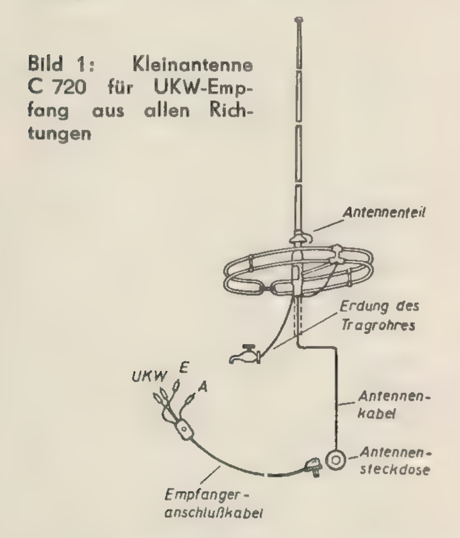


Bild 1: Kleinantenne C 720 für UKW-Empfang aus allen Richtungen

Eine bewährte Allzweckausführung ist die Kleinantenne C 720 (Bild 1) für den Empfang von Lang-, Mittel- und UKW-Rundfunksendungen sowie Sendungen des Fernsehrundfunks. Diese Antennenanlage wurde für Einfamilien- und Siedlungshäuser geschaffen, also für Gebäude, in denen im allgemeinen nur ein Empfänger an die Antenne angeschlossen werden soll. Der eigentliche Antennenteil, bestehend aus einer 2,4 m langen Stabantenne für den Rundfunkempfang und einem UKW-Dipol steht in drei Ausführungen zur Verfügung: als Kleinantenne mit Ringdipol für UKW-Rundempfang, mit Faltdipol für UKW-Empfang aus zwei einander gegenüberliegenden Richtungen und mit Faltdipol und Reflektor für UKW-Empfang aus einer Richtung. Die vollständige Vorrichtung kann schließlich noch auf ein Tragrohr aufgesetzt werden, an das eine normale Fernsehantenne montiert ist. Sämtliche Niederführungen können über eine Fernsehweiche zusammengeschaltet werden. In der Nähe der Empfänger befindet sich dann eine zweite Weiche mit je einer Steckdose, an die die entsprechenden Empfänger angeschlossen werden können.

Die von der Firma Kathrein hergestellte Allbereichdachbodenantenne (Bild 2) kann als kleine Gemeinschaftsantenne für maximal vier Anschlüsse verwendet werden. Die eigentliche Antenne besteht aus zwei an einer Abstandsleiste übereinander befestigten Ringdipolen und wird möglichst hoch unter dem Dach angebracht. Durch den Aufbau von zwei übereinander angeordneten Ringdipolen wird der Empfang in allen Rundfunkwellenbereichen sowie UKW-Rundempfang ermöglicht und die Aufnahme von Zündfunkenstörungen im UKW-Bereich unterdrückt. Über einen Antennenübertrager wird die aufgenommene HF-Spannung zu einer Kabelanschlußdose geleitet, an der auch die Erdung der Anlage vorgenommen wird. Ferner ist das abgeschirmte Kabel, in das die Antennensteckdosen für die Teilnehmer im Durchschleifverfahren eingeschaltet werden, an die Abzweigdose anzuschließen.

Mit einer derartigen Antennenanlage für kleinere Wohnhäuser läßt sich erreichen, daß jedem Mieter neben der Steckdose für die verschiedensten elektrischen Haushaltungsgeräte auch eine für den Antennenanschluß seines Rundfunkempfängers zur Verfügung steht. Beide Steckdosen sind, um Verwechslungen auszuschließen, in ihrer äußeren Ausführung verschieden.

Für große Wohnhäuser und ganze Wohnblocks hat die Firma Kathrein eine Großantennenanlage entwickelt, um in jeder Wohnung von vornherein eine Antennensteckdose vorsehen zu können. Das System ermöglicht es, bis etwa 250 Steckdosen an eine einzige Antenne mit dem zugehörigen Antennenverstärker anzuschließen. Das Stromlaufbild der Anlage mit 120 Rundfunk- und 120 Fernsehanschlüssen (Bild 3) gibt einen Überblick über den Aufbau einer solchen Anlage.

Bei weiterem Anwachsen der Zahl der Fernsehteilnehmer wird es bald nicht mehr möglich sein, auf dem Hausdach für jeden Fernsehempfänger eine eigene Antenne zu montieren. Man wird dann dazu übergehen müssen, nur eine leistungsfähige Antenne zu errichten und damit über einen Antennenverstärker alle Fernsehempfänger der Hausgemeinschaft rückwirkungsfrei zu versorgen.

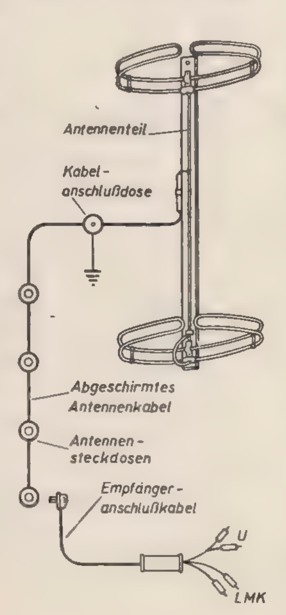


Bild 2: Allbereichdachbodenantenne für maximal vier Teilnehmeranschlüsse

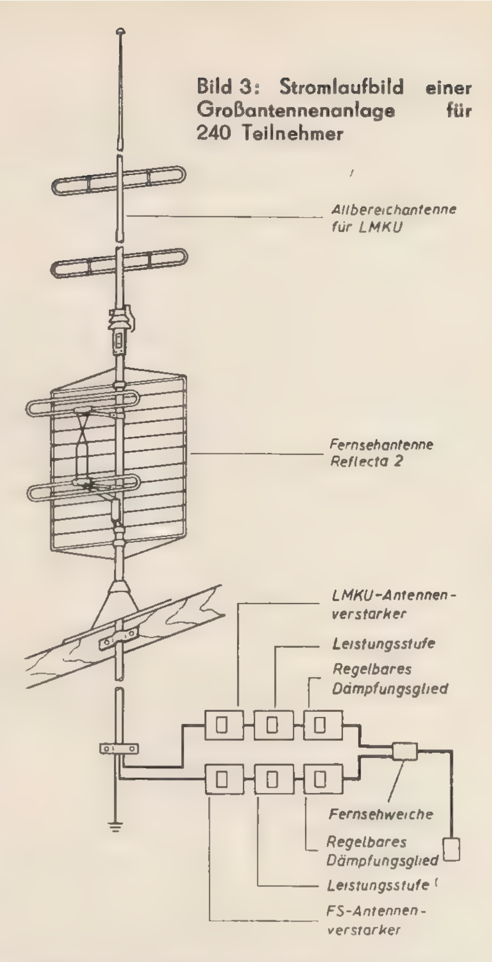


Bild 3: Stromlaufbild einer Großantennenanlage für 240 Teilnehmer

Es ist selbstverständlich, daß man nun nicht beliebig viele Fernsehempfänger parallel an den Antennenverstärkerausgang schalten kann. Läßt man zunächst der Einfachheit halber den Umstand außer acht, daß der Verstärkerausgang meist unsymmetrisch, die Empfängereingänge jedoch symmetrisch sind, und bezeichnet n die Anzahl der anzuschließenden Empfänger, so gelten nach Bild 4

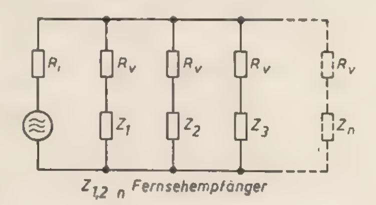


Bild 4: Anschluß mehrerer Fernsehempfänger an einen Antennenverstärker

für optimale Leistungsausnutzung bei richtigem Anpassungsverhältnis von Generator und Verbraucher folgende Beziehungen:

Anpassungsbedingung des Generators

$$R_i = \frac{R_v + Z}{n}, \qquad (1)$$

Bedingung, daß der Empfängereingang mit Z belastet erscheint

$$Z = R_v + \frac{R_i (R_v + Z)}{(n - 1) R_i + R_v + Z}. \qquad (2)$$

Aus (1) folgt für den bei Anschluß mehrerer Empfänger stets erforderlichen Vorwiderstand

$$R_v = n \cdot R_i - Z. \qquad (1a)$$

Damit ergibt sich aus (2)

$$Z = \frac{n^2 \cdot R_i}{2n - 1} \text{ oder } R_i = Z \cdot \frac{2n - 1}{n^2}. \quad (3)$$

Setzt man nun wieder (3) in (1a) ein, so findet man für den Vorwiderstand

$$R_v = Z \cdot \frac{n - 1}{n}. \quad (4)$$

Wird nur ein Empfänger ($n = 1$) angeschlossen, so wird $R_v = 0$, das heißt, es ist dann selbstverständlich kein Vorwiderstand erforderlich. Sollen aber drei Fernsehempfänger mit einem Eingangswiderstand von je $Z = 240\,\Omega$ an eine Antenne (bzw. hinter den Antennenverstärker) angeschlossen werden, so ist zunächst nach (3) der Generatorinnenwiderstand auf den Wert

$$R_i = 240 \cdot \frac{5}{9} = 134\ \Omega$$

zu transformieren. Der nach Bild 4 jedem Empfänger vorzuschaltende Widerstand ergibt sich aus (4)

$$R_v = 240 \cdot \frac{2}{3} = 160\,\Omega.$$

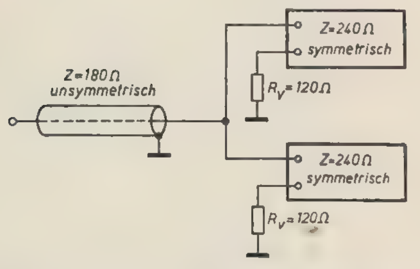


Bild 5: Anschluß von Fernsehempfängern an einen Antennenverstärker mit unsymmetrischem Ausgang

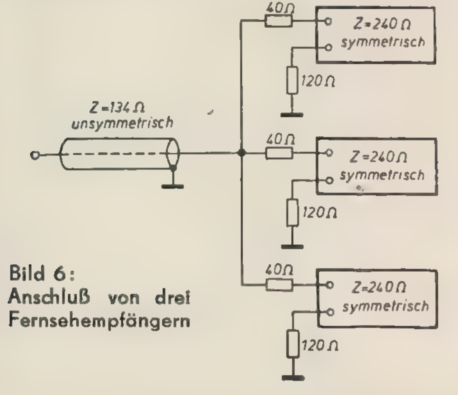


Bild 6: Anschluß von drei Fernsehempfängern

Die Verhältnisse ändern sich sofort, wenn einer der drei Empfänger abgetrennt wird: Dann ist nämlich mit $n = 2$

$$R_i = 240 \cdot \frac{3}{4} = 180\,\Omega \text{ und}$$

$$R_v = 240 \cdot \frac{1}{2} = 120\,\Omega.$$

Man kann nun selbstverständlich einen Kompromiß schließen und für beide Größen Mittelwerte wählen, zum Beispiel für

$R_i = 155\,\Omega$ und für $R_v = 140\,\Omega$.

Man kann aber auch die Anlage von vornherein für drei Anschlüsse dimensionieren und den vorläufig noch unbenutzten dritten Anschluß mit einem ohmschen Widerstand von der Größe $Z = 240\,\Omega$ überbrücken, was selbstverständlich einen Verlust an HF-Energie bedeutet. Mit wachsender Anzahl der Anschlußstellen wird übrigens das Abtrennen eines Empfängers von der Antennenanlage weniger kritisch. So ist zum Beispiel für $n = 7$ $R_i = 0{,}27 \cdot Z$ und $R_v = 0{,}86 \cdot Z$. Nach Herausziehen eines Antennenkabels aus der zugehörigen Steckdose sind mit $n = 6$ die Widerstände $R_i = 0{,}3 \cdot Z$ und $R_v = 0{,}84 \cdot Z$, so daß sich nur Fehlanpassungen von etwa 10% ergeben, die noch keine merkbaren Reflexionsstörungen hervorrufen.

Im Bild 5 ist der Anschluß von zwei Fernsehempfängern mit symmetrischem 240-Ω-Eingang an den unsymmetrischen Verstärkerausgang skizziert. Zur einwandfreien Symmetrierung muß je ein Anschluß der Empfängereingänge über $\frac{1}{2}Z$ an Erde und der jeweils andere über den Widerstand $R_v - \frac{1}{2}Z$ an die erdfreie Buchse des unsymmetrischen Verstärkerausgangs (zum Beispiel Seele des Koaxialkabels) gelegt werden. Für $n = 2$ war im Beispiel $R_v = \frac{1}{2}Z = 120\ \Omega$ gefunden worden, so daß in diesem Fall $R_v - \frac{1}{2}Z = 0$ wird. Wenn an einen unsymmetrischen Verstärkerausgang drei Fernsehempfänger angeschlossen werden sollen (Bild 6), wird $R_v = 160\ \Omega$ und der Widerstand zwischen zweiter Empfängerbuchse und Kabelseele $160 - 120 = 40\ \Omega$.

Wie man aus den Bildern 5 und 6 ersieht, ist in beiden Fällen der Generatorwiderstand verschieden groß. Soll also zum Beispiel die im Bild 5 skizzierte Anlage mit Anschlußmöglichkeit für zwei Fernsehempfänger auf drei Empfänger, entsprechend Bild 6, erweitert werden, so ist durch ein Stück Koaxialkabel von der geometrischen Länge $\lambda/4$ (für 100 MHz ist $\lambda = 3$ m und $\lambda/4 = 75$ cm) und dem Wellenwiderstand $Z = \sqrt{Z_1 \cdot Z_2}$ ($Z = \sqrt{180 \cdot 134} = 156\ \Omega$) der Generatorwiderstand von 180 Ω im Bild 5 auf den Generatorwiderstand 134 Ω im Bild 6 zu transformieren.

Für Fernsehweitempfang bietet die Firma Kathrein zwei Spezialantennen Maxima 1 und Maxima 2 an. Maxima 1 ist die gegebene Antenne bei ungünstigen Empfangsverhältnissen. Sie besitzt einen Faltdipol und in derselben Ebene neun parasitäre Elemente. Der Spannungsgewinn dieser Anordnung ist 4,5fach (13 db) und das mittlere Vor-Rückwärtsverhältnis 10 : 1. Der letztere Umstand macht die Antenne Maxima 1 besonders für Empfangsgegenden geeignet, in denen erfahrungsgemäß viele Reflexionen auftreten. Im Gegensatz zu der Einebenenausführung Maxima 1 ist Maxima 2 eine Zweiebenenanordnung mit je einem Faltdipol und je neun parasitären Elementen (Bilder 7 und 8). Der Gewinn dieser Ausführung ist 5,5fach (16 db)

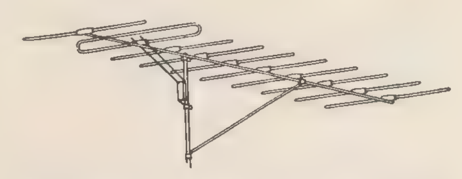


Bild 7: Antenne für Fernsehweitempfang Maxima 1

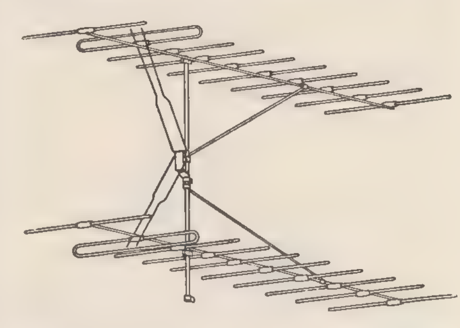


Bild 8: Zweiebenenantenne für Fernsehweitempfang Maxima 2

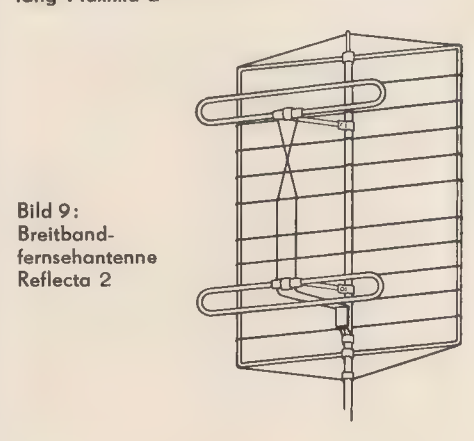


Bild 9: Breitbandfernsehantenne Reflecta 2

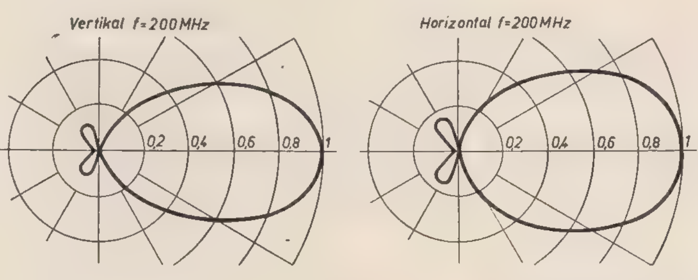
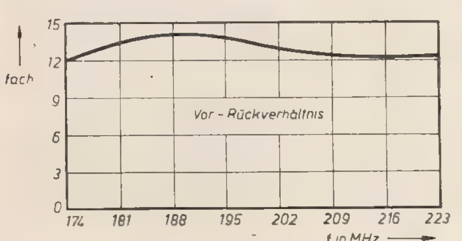


Bild 10: Vertikal- und Horizontalcharakteristik; Diagramme der Stehwellen- bzw. Vor-Rückwärtsverhältnisse der Breitbandfernsehantenne Reflecta 2



Dipoleinrichtungen einfacher Art sind schmalbandig, das heißt, ihr Anpassungswiderstand hat nur für eine bestimmte Frequenz und für deren benachbarte Frequenzen den richtigen Wert. Für Fernsehempfangszwecke sind aber Schmalbandantennen nur in den seltensten Fällen verwendbar, da die dafür in Betracht kommenden Frequenzen zwischen etwa 50 und 200 MHz liegen. Um einen einwandfreien Empfang der Fernsehsender zu erreichen, müssen die Empfangsantennen möglichst breitbandig konstruiert werden. Bekanntlich ist die Bandbreite einer Antenne um so größer, je höher der Wirkwiderstand der Antenne im Speisepunkt ist und je kleiner die bei Abweichung von einer mittleren Frequenz auftretenden Blindwiderstände sind. Die zweite Forderung, den Blindwiderstandsgang mit der Frequenz, kann man durch verschiedene konstruktive Maßnahmen beeinflussen; durch Ausnutzen der Strahlungskopplung zwischen Antenne und Reflektorwand, durch Querschnittsänderung der Dipolstäbe mit der Länge oder durch Kompensation des Blindwiderstandsganges der Antenne.

Die Firma Kathrein hat Breitbandantennen entwickelt, die innerhalb des gesamten Bandes III — also von 175 bis 223 MHz (Kanäle 5 bis 11) — vollwirksam sind. Wie das Bild 10 zeigt, weicht das Vor-Rückwärtsverhältnis der mit Reflektorwänden ausgestatteten Fernsehantenne Reflecta 2 zwischen 175 und 223 MHz nur wenig von der Geraden ab, und auch das Stehwellenverhältnis als Maßstab der auftretenden Reflexionen zeigt günstige Werte.

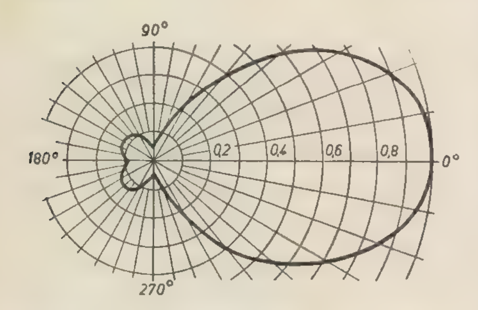


Bild 11: Vertikalcharakteristik der Universalantenne Rufa

Ganz ähnlich liegen die Verhältnisse bei dem Typ Reflecta 4, einer aufgestockten Breitbandantenne (aus zwei aufeinander montierten Reflecta 2). Die Vertikalcharakteristik der Reflecta 4 weist gegenüber der Reflecta 2 eine wesentlich schmalere Keulenform auf.

Allzweckantennen sind die Ausführungen Rufa 2,2 S und 4 (siehe auch Bild 12). Diesen Namen hat die Konstruktion erhalten, weil sie sowohl als Breitbandfernsehantenne für die Kanäle 5 bis 11 als auch gleichzeitig für UKW-Empfang verwendet werden kann. Bei einer Flachkabelniederführung ermöglicht diese Antenne auch den Empfang der Lang-, Mittel- und Kurzwellen. Besonderer Wert wurde auf Stabilität und Korrosionsfestigkeit gelegt. Zum wettersicheren Anschluß der Antennenniederführung ordnete man am Tragrohr ein verschließbares Kunststoffgehäuse an.

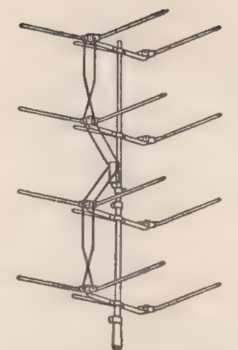


Bild 12: Universalantenne Rufa

Bild 13: Horizontalcharakteristik der Universalantenne Rufa

Die Ausführung Rufa 2 besteht aus Ganzwellendipolen mit Reflektoren in Zweiebenenausführung und hat einen dreifachen Gewinn (9 db). Für Fernempfang steht der Typ Rufa 4 mit vier Dipolebenen und vierfachem Gewinn (12 db) zur Verfügung. Dipole und Reflektoren sind abgewinkelt, um auf dem UKW-Bereich eine Rundempfangscharakteristik zu erzielen.

Einige interessante elektroakustische Kleingeräte

Für viele Zwecke der Elektroakustik — Hörhilfen, UKW-Sende-Empfangsanlagen in Fahrzeugen usw. — werden besonders kleine und handliche Mikrofone und Hörer gebraucht. Die Firma Dr. Steeg & Reuter in Bad Homburg ist als Hersteller derartiger Kleinzubehörteile bekannt. Speziell für den Einbau in Hörhilfen werden die piezoelektrischen Membranmikrofonkapseln SM 1, SM 2 und SM 3 hergestellt. Die beiden ersteren — die runde Kapsel SM 1 und die quadratische Kapsel SM 2 — eignen sich für den Einbau in senkrechter Lage, während die rechteckige Ausführung SM 3 für Hörhilfen gedacht ist, deren Einsprechöffnung sich zur Verminderung des Störpegels an der oberen Schmalseite des Hörgerätes befindet. Das eingebaute Seignettesalzsystem ist gegen Temperatur- und Feuchtigkeitseinflüsse recht unempfindlich. Der Übertragungsbereich dieser Mikrofone liegt zwischen 50 und 6000 Hz. Durch besondere Anpassung der Membrane und geeignete Lagerung des Seignetteelements wird eine nach höheren Frequenzen hin ansteigende Frequenzkurve erreicht (Bild 1).

Diesen Mikrofonen ist hinsichtlich des Frequenzganges der ebenfalls zur Bestückung von Hörhilfen entwickelte Kristallhörer KH 1 angepaßt. Das Zusammenwirken von Mikrofon und Hörkapsel ermöglicht mit einem geeigneten Verstärker eine dem Hörvermögen des Schwerhörigen gut angepaßte Wiedergabe und beste Silbenverständlichkeit. Die für den Einbau in die Mikrofone verwendeten Seignettesalzelemente werden von der genannten Firma in verschiedenen Formen, als Sattelbieger, Torsionsbieger und Biegungsstreifen, gefertigt.

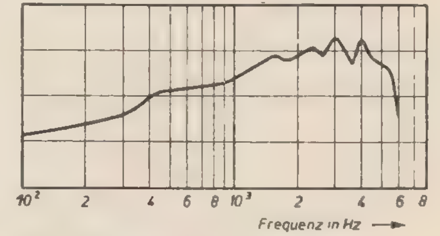


Bild 1: Frequenzkurve der Kapsel SM 2

Für medizinische und technische Zwecke werden auch Körperschallmikrofone hergestellt. Sie eignen sich als Herzschallmikrofone, Luftschallmikrofone für Herztöne usw. in der Medizin und als Kontrollgeräte für Untersuchungen an Uhren, Motoren und zur Materialprüfung. Auch Gitarren- und Kehlkopfmikrofone gehören zum Fabrikationsprogramm der genannten Firma.

Für kleine transportable Sender ist die Quarzsteuerung seit Jahren bekannt und gebräuchlich. Bild 2 zeigt eine einfache Schaltung für einen quarzgesteuerten Sender, der zum Beispiel für die Modellfernsteuerung geeignet ist. Die gezeigte Schaltung kann für die Frequenz 13,56 MHz, für die Quarzsteuerung vorgeschrieben ist, als Oszillator und auch als Kleinsender verwendet werden.

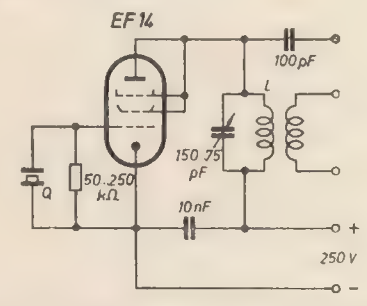


Bild 2: Quarzgesteuerter Sender für 13,56 MHz

Die Schwingquarze zeichnen sich durch Einwelligkeit, hohe Aktivität und Belastbarkeit bei geringem Temperaturgang in einem großen Arbeitsbereich aus. Ihre Frequenztoleranz ist kleiner als 0,02% und der Temperaturkoeffizient bei Temperaturen zwischen + 10 und + 50° C kleiner als $1{,}5 \cdot 10^{-6}/°$ C. Schwingquarze werden für alle Frequenzen zwischen 3,5 und 24 MHz hergestellt. Es sind aber auch Filterquarze für die üblichen Zwischenfrequenzen und Varioquarze für das 80-m-Amateurband lieferbar. *-ger*

cand. phys. HANS-JOACHIM FISCHER

Elektronisch stabilisiertes Netzgerät

In HF-Meßgeräten spielt besonders bei ultrakurzen Wellen die Konstanz der Speisespannung, eine große Rolle. Für hohe Ansprüche ist eine elektronische Stabilisierung zweckmäßig, die auf folgendem Prinzip beruht: Ein Serienwiderstand wird in einem Stromkreis so gesteuert, daß die Differenz zwischen der Ausgangsspannung und einer konstanten Vergleichsspannung stets Null ist (Bild 1). Steigt zum Beispiel die Ausgangsspannung, so entsteht eine von der Richtung der Spannungsänderung abhängige Spannungsdifferenz zwischen der Normal- und der Ausgangsspannung, die über die Steuerstufe den Serienwiderstand in der richtigen Weise verändert. Man kann auf diese Art auch sehr schnelle Spannungsstöße ausregeln. Die geringstmögliche Zeit, innerhalb derer noch ein Stoß ausgeregelt werden kann, beträgt eine Millisekunde. Die maximal erreichbare Spannungskonstanz beträgt $1 \cdot 10^{-4}$. Durch diese Regelgeräte kann auch der Netzbrumm wesentlich verringert werden. Man erreicht ohne großen Aufwand eine Restbrummspannung von 0,5 mV. Als weiterer Vorteil solcher Geräte ist der geringe Innenwiderstand zu erwähnen, der in der Größenordnung einiger Ohm liegt. Man erzielt Regelungsfaktoren von 30 bis 1500. Mit diesen Geräten ist es möglich, Last- und Netzschwankungen völlig auszuregeln, Vorwärts- und Rückwärtsregelungen vorzunehmen und sogar eine Überkompensation einzustellen.

Die prinzipielle Schaltung eines kompensierten elektronischen Spannungsreglers zeigt Bild 2. Als Serienwiderstand, der elektronisch geregelt werden kann, dient eine EL 11. Im Parallelzweig liegt als Steuerröhre eine als Triode geschaltete EF 12 und eine Glättungsröhre GR 150 DA, die als Spannungsnormal dient. Die Glimmröhre stellt im Hinblick auf die Stabilität das schwächste Glied im Regler dar. Bei Mehrstreckenstabilisatoren können periodische und nichtperiodische Schwankungen der Zünd- und Löschspannung auftreten, die in der Größenordnung einiger 100 mV liegen. Einstreckenstabilisatoren sind besser zu verwenden, da die Schwankungen bei ihnen eine Größenordnung kleiner sind. Wenn man eine noch höhere Genauigkeit fordert, als sie mit Glimmstrecken-Normalien erreichbar ist, so muß man Trokkenbatterien verwenden. Dafür eignen sich besonders die kleinen Kofferanodenbatterien mit Plattenzellen. Allerdings nur, solange sie völlig fabrikfrisch sind. Man darf die Batterien vorher weder mit einem Meßinstrument noch mit einem Widerstand belasten und im Gerät nur mit einem Dauerstrom von einigen 10 μA. Wenn diese Regeln beachtet werden, kann man einige Monate lang eine Spannungskonstanz von 0,5% erreichen. Eine noch höhere Konstanz ist mit Normalelementen erreichbar, nur muß man hier eine Vergleichschaltung höherer Empfindlichkeit verwenden, was einen großen Aufwand erfordert.

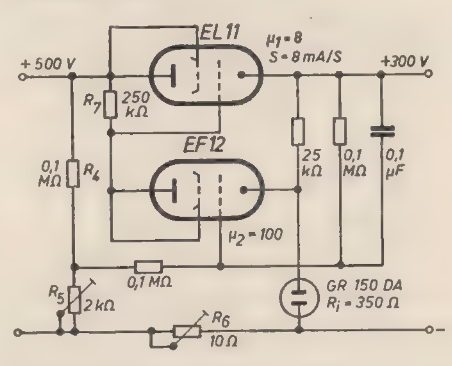


Bild 2: Elektronischer Regler mit Kompensation

Nach der Schaltung im Bild 2 wird eine Spannung von 300 V bei einer Eingangsspannung von 500 V stabilisiert. Der Widerstand R_4 dient zur Spannungskompensation, während R_6 zur Stromkompensation benutzt wird. Für das Verhältnis der Widerstände R_4 und R_5 gilt die Formel:

$$\frac{R_5}{R_4+R_5} = \frac{(1+D_1)\left(1+\frac{\mu_2 R_g}{R_{12}+R_7}\right)}{\left(\frac{R_1}{R_1+R_2}\right)\left(\frac{\mu_2 R_7}{R_{12}+R_7}\right)} - \frac{R_1-R_2}{\mu_2 \cdot R_1} \qquad (1)$$

Bild 1: Prinzip des elektronischen Spannungsreglers

Es bedeuten:

D_1 = Durchgriff der Regelröhre,
μ_2 = Verstärkungsfaktor der Steuerröhre
R_g = Innenwiderstand der Glimmröhre in Ω,
R_{12} = Innenwiderstand der Steuerröhre in Ω,
S_1 = Steilheit der Regelröhre.

Wird R_4 mit 100 kΩ gewählt, ergibt sich für R_5 etwa 1 kΩ.

Man nimmt am besten einen Regelwiderstand von etwa 2 kΩ und stellt ihn nach der Messung auf den optimalen Wert ein. Durch das Einschalten von R_5 wird der Regelungsfaktor um den Faktor 10 verbessert. Den Innenwiderstand des Gerätes kann man durch R_6 beinahe auf Null bringen. Nach der Formel

$$R_6 = \frac{1+\frac{\mu_2 R_g}{R_{12}+R_7}}{S_1 \cdot \frac{\mu_2 R_7}{R_{12}+R_7} \cdot \frac{R_1}{R_1+R_2}} \qquad (2)$$

läßt sich sein Wert errechnen und beträgt etwa 6 Ω. Man nimmt hier einen regelbaren Drahtwiderstand von 10 Ω und stellt ihn bei der Erprobung auf den optimalen Wert ein. Durch diese Kompensation verringert man den Innenwiderstand um den Faktor 3.

Die Regelgüte hängt nun von der Verstärkung der Steuerröhre ab. Durch das Verwenden eines zweistufigen Gleichstromverstärkers ergibt sich die endgültige Schaltung des elektronischen Regelgerätes nach Bild 3. Die maximale Stromstärke des Gerätes ist 150 mA. Bei einem Laststrom von 100 mA beträgt die Restbrummspannung 1,5 mV. Der Innenwiderstand ist 0,5 Ω. Mit diesem Gerät wird ein Stabilisierungsfaktor von 1200 erzielt. Über ein Siebglied kann eine geregelte Schirmgitterspannung abgenommen werden. Will man die Ausgangsspannung regeln, so muß der Gitterspannungsteiler der ersten AC 2 regelbar sein. Man verwendet dafür ein Potentiometer und zwei Begrenzerwiderstände von je 100 kΩ. Da die Katoden der beiden AL 5 auf hohem positiven Potential liegen, muß man sie aus einem besonderen, sehr gut isolierten Transformator heizen. Die Heizspannung der übrigen Röhren wird dem Netztransformator entnommen.

Literatur

[1] K. B. Masel: Gleichrichter und Spannungsregler, Fachbuchverlag 1953.
[2] Elmor, Sands: Electronic experimental techniques, Mac Graw 1946, Seite 374 ff.

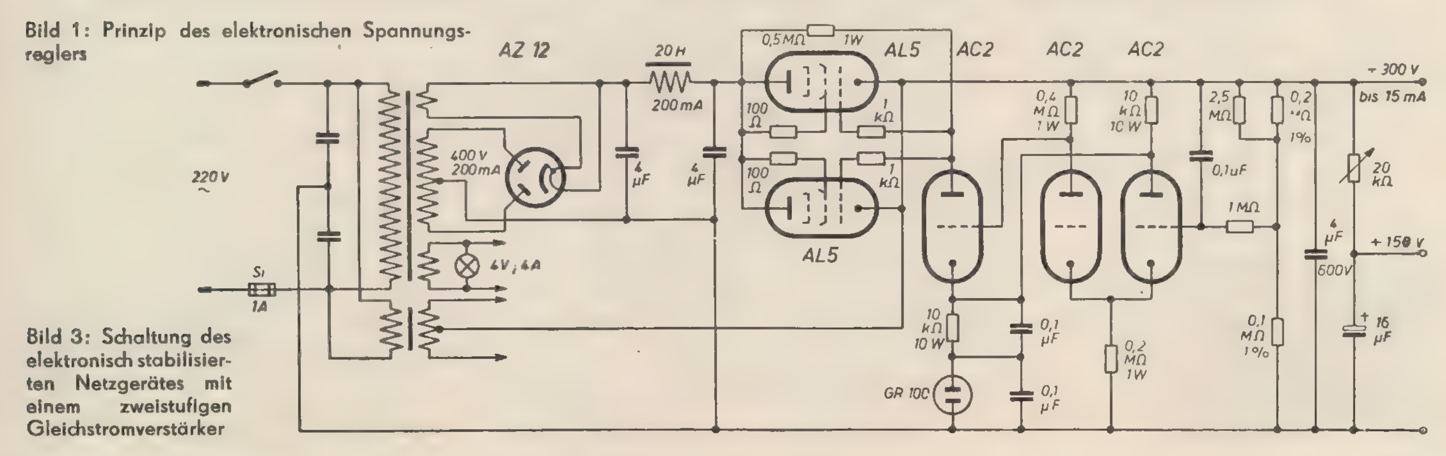


Bild 3: Schaltung des elektronisch stabilisierten Netzgerätes mit einem zweistufigen Gleichstromverstärker

HANS-ERICH LATTORFF

Bauanleitung: 50-(25-) Watt-

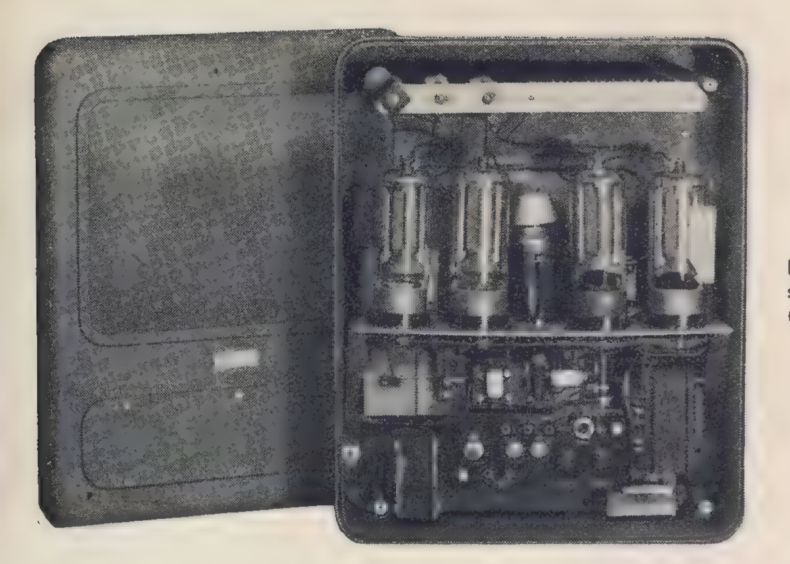


Bild 1: 50-Watt-Verstärker mit abgenommenem Deckel

Größere Verstärkeranlagen — insbesondere Stadtlautsprecheranlagen — sind mit Unterzentralen ausgerüstet, die über Kabelleitungen des Fernsprechnetzes ferngesteuert und besprochen werden. Um dabei im Freien eine ausreichende Verständlichkeit zu erzielen, ist eine Sprechleistung von mindestens 20 bis 25 W notwendig.

Steht am Aufstellungsort der Unterzentrale nur ein Gleichstromnetz zur Verfügung, bereitet die Stromversorgung gewisse Schwierigkeiten. Wenn man von dem störanfälligen und bei größeren Sprechleistungen kaum zu realisierenden Zerhackerbetrieb absieht, käme in erster Linie Wechselstromversorgung mit Hilfe eines Umformers in Frage. Dieser Lösung stehen jedoch die hohen Anschaffungskosten, eine umständliche Installation sowie die Schwierigkeiten beim Anlassen durch Fernsteuerung und der erhöhte Pflegebedarf entgegen.

Im folgenden soll eine andere, auf den ersten Blick etwas ungewöhnlich erscheinende Lösung beschrieben werden: die Stromversorgung eines 50- bzw. 25-W-Verstärkers unmittelbar aus dem 2 × 220-V-Gleichstromnetz.[1]) Als geeignete Endröhre wurde die kommerzielle Sendepentode RL 12 P 35 ausgewählt, die einen für Serienheizung annehmbaren Heizstrom von 0,63 A bei einer Heizspannung von 12,6 V hat und infolge ihres äußerst robusten Aufbaues einen störungsfreien Betrieb gewährleistet [1].

Bei flüchtiger Betrachtung wird man den Gleichstromnetzbetrieb solcher Verstärker als sehr unwirtschaftlich ansehen. Entsprechende Untersuchungen haben aber gezeigt, daß lediglich der Stromverbrauch des 25-W-Verstärkers im Mittel etwa 45% höher als beim Umformerbetrieb liegt; beim 50-W-Verstärker sind beide Betriebsarten in bezug auf ihren Stromverbrauch etwa gleich.

Schaltung

Bild 3 veranschaulicht die Prinzipschaltung der Fernsteuerung ohne zusätzlichen Leitungsaufwand [2].

Der Ausgang des Trennverstärkers in der Hauptzentrale und der Eingang des Kraftverstärkers in der Unterzentrale sind mit je einem Übertrager $Ü_1$ bzw. $Ü_2$ abgeschlossen. Die Mittelanzapfungen der an die Fernleitung angeschlossenen Wicklungen sind herausgeführt, so daß ein weiterer Stromkreis — Erde, Stromquelle Q, Schalter S, Sekundärwicklung des Übertragers $Ü_1$, Leitung, Primärwicklung des Übertragers $Ü_2$, Relais A, Erde — entsteht. Beim Schließen des Schalters S in der Hauptzentrale wird mit dem Relaiskontakt a die Netzleitung des Kraftverstärkers in der Unterzentrale eingeschaltet. Sind beide Wicklungshälften der Übertrager $Ü_1$ und $Ü_2$ symmetrisch, heben sich die Magnetfelder der Schaltspannung gegenseitig auf, weil beide Wicklungshälften in entgegengesetztem Sinne durchflossen werden. Aus diesem Grunde verursacht eine Restwelligkeit der Schaltspannung bei Entnahme aus einem Gleichrichter keine Störungen; außerdem können die Übertragerkerne nicht vormagnetisiert werden.

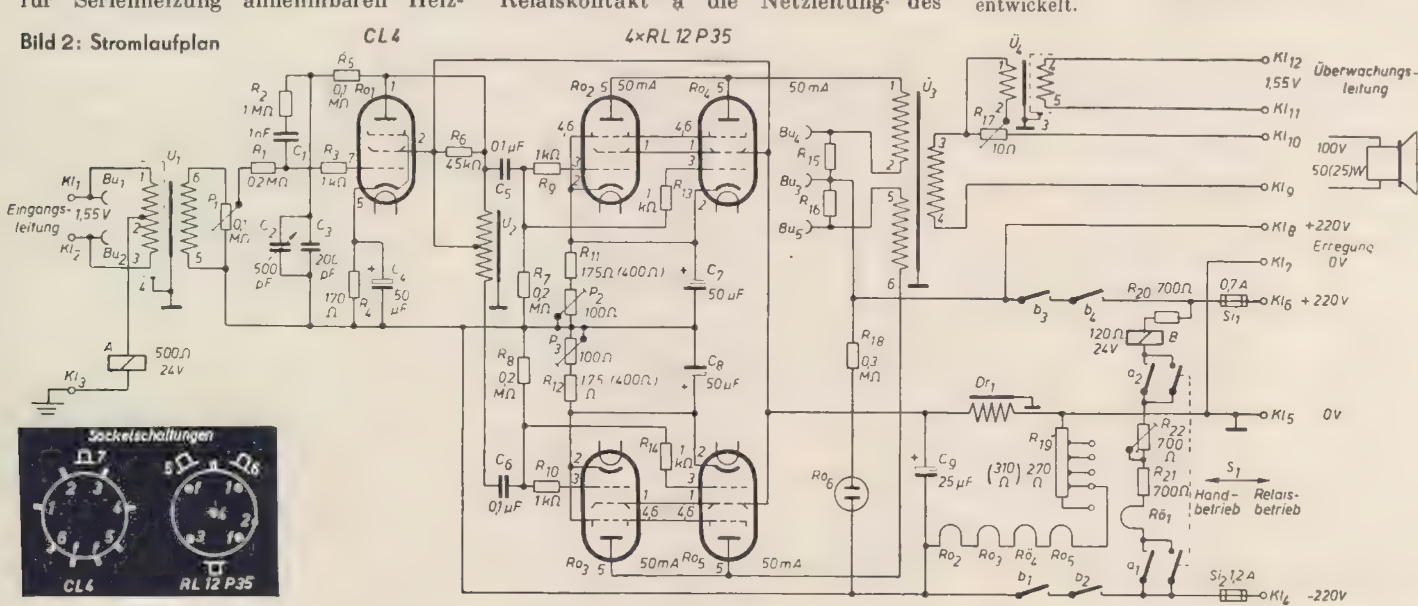
Den Stromlaufplan des 50-(25-)W-Verstärkers zeigt Bild 2.

Die Tonfrequenzspannung von 1,55 V wird der mit einem statischen Schirm versehenen Primärwicklung des Verstärkereingangsübertragers $Ü_1$ über eine an die Klemmen Kl_1 und Kl_2 angeschlossene Fernleitung zugeführt. An der Mittelanzapfung der Primärwicklung von $Ü_1$ wird eine Steuergleichspannung von etwa 24 V entnommen, die das Relais A mit seinen Kontakten a_1 und a_2 betätigt. Die Buchsen Bu_1 und Bu_2 dienen zum unmittelbaren Besprechen des Verstärkers am Aufstellungsort, zum Beispiel mit dem in [3] beschriebenen Gerät, und zu Meßzwecken. Der Übertrager $Ü_1$ mit einem Übersetzungsverhältnis von 1 : 12 ist auf der Sekundärseite mit dem durch Schraubenzieher einstellbaren Pegelregler P_1 abgeschlossen.

Die Vorverstärkerstufe wurde mit der Leistungstetrode CL 4 bestückt, um die erforderliche Steuerspannung für die Gegentaktendstufe unverzerrt aufbringen zu können. Außerdem arbeitet die CL 4 zum Ausgleich der Frequenzabhängigkeit der Übertrager und der Fernleitung mit einer frequenzabhängigen Spannungsgegenkopplung von der Anode auf das Gitter.

[1]) Die Verstärker wurden vom Verfasser im Labor der Firma Gerufon-Radio, Quedlinburg, entwickelt.

Bild 2: Stromlaufplan



Kraftverstärker für Gleichstromnetzbetrieb

Parallel zum Kondensator C_3, der die höchsten Frequenzen anhebt, ist ein einstellbarer Kondensator C_2 geschaltet, mit dem sich der Frequenzgang der Fernleitung korrigieren läßt. Durch den 1-nF-Kondensator C_1 werden die tiefsten Frequenzen bevorzugt, während eine geringere Kapazität dieses Kondensators ein Anheben der Frequenzkurve von höheren Frequenzen ab bewirkt.

Durch den Widerstand R_1 wird die Gegenkopplung von der Stellung des Potentiometers P_1 fast unabhängig.

Die CL 4 erhält ihre Anodenspannung über die eine Wicklungshälfte des Sparübertragers $Ü_2$; R_6 ist der Außenwiderstand der Röhre.

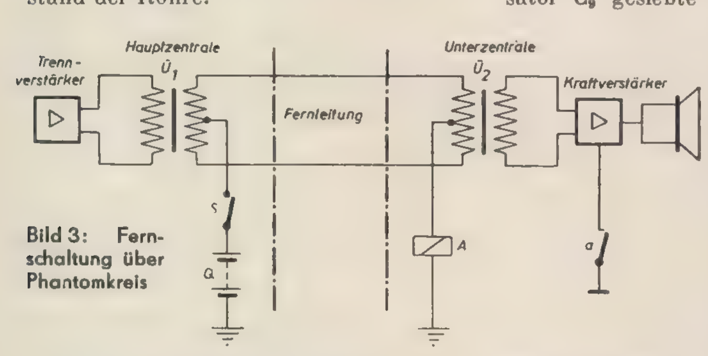


Bild 3: Fernschaltung über Phantomkreis

Die Anodenwechselspannung der CL 4 wird den Gittern der Röhren $Rö_2$ und $Rö_4$ über den Kondensator C_5 unmittelbar und den Gittern der beiden Röhren $Rö_3$ und $Rö_5$ über den Kondensator C_6 und die andere Wicklungshälfte des Übertragers $Ü_2$ um 180° phasenverschoben zugeführt. Bis auf die Steuergitter, die über die üblichen UKW-Siebwiderstände (R_9, R_{10}, R_{13}, R_{14}) angeschlossen werden, sind alle sich entsprechenden Elektroden der zusammengehörenden Röhren miteinander verbunden. Die negative Gittervorspannung kann durch die Drahtpotentiometer P_2 und P_3 in gewissen Grenzen verändert werden, wobei der sich einstellende Anodenstrom an den Buchsen Bu_4, Bu_3 und Bu_5 gemessen wird. Die Widerstände R_{15} und R_{16} dienen hierbei als Nebenwiderstände für das Meßwerk. Die Gegentaktstufe arbeitet in AB-Schaltung.

Das Übersetzungsverhältnis des Gegentaktausgangsübertragers ist so gewählt worden, daß gemäß DIN 45560 bei der Nennausgangsleistung des Verstärkers an den Ausgangsklemmen Kl_9 und Kl_{10} 100 V Tonfrequenzspannung liegen. Auf eine Gegenkopplung in der Endstufe zum Verkleinern des inneren Widerstandes mußte verzichtet werden, weil bei der verhältnismäßig geringen Steilheit der verwendeten Endröhren dann eine sehr hohe Steuerspannung notwendig wäre.

In Reihe mit dem Verbraucher liegt der kleine Widerstand R_{17}. Der an diesem Widerstand abfallende Teilbetrag der Ausgangsspannung wird über einen Trennübertrager $Ü_4$ mit Schirmwicklung und dem Übersetzungsverhältnis von 1 : 1 an die Klemmen Kl_{11} und Kl_{12} gegeben, an die eine zweite, zur Hauptzentrale zurückführende Fernleitung angeschlossen werden kann. Hierdurch ist es möglich, jederzeit das richtige Arbeiten des Verstärkers einschließlich der Lautsprecherleitungen zu überwachen [2].

Der Verstärker wird aus dem Gleichstromdreileiternetz von 2 × 220 V versorgt, so daß für die Endstufe eine Anodenspannung von 440 V zur Verfügung steht. Die Vorstufe und die Schirmgitter der Endstufe erhalten eine durch die Drossel Dr_1 in Verbindung mit dem Kondensator C_9 gesiebte Spannung von etwa 200 V, die zwischen dem Minus-Außenleiter und dem Nulleiter abgenommen wird, wobei das Siebglied im Nulleiter liegt. Siebglieder in den Außenleitern sind nicht notwendig, zumal sich eine etwaige der Gleichspannung überlagerte Wechselspannung infolge der Symmetrie einer Gegentaktschaltung kaum auswirkt. Der Nulleiter ist mit dem Verstärkerchassis verbunden und darf nicht abgesichert werden. Die Fremdspannung des Verstärkers ist bei dem hier angewandten Nullanschluß wesentlich kleiner als bei einer Erdung des Chassis. Die Heizfäden der Endröhren liegen über den in Stufen einstellbaren Vorwiderstand R_{19} zwischen 0 V und —220 V, so daß die Spannung zwischen Faden und Schicht möglichst klein bleibt.

Das erwähnte, im Phantomkreis liegende Relais A schließt mit seinen Kontakten a_1 und a_2 den über beide Außenleiter geschalteten Stromkreis des Relais B, in den auch der Heizfaden der CL 4 geschaltet ist. Aus Sicherheitsgründen wurden zwei Kontaktstellen vorgesehen. Die der Schaltleistung entsprechend ausgebildeten Kontakte b_1 bis b_4 des Relais B, die wiederum aus Sicherheitsgründen paarweise hintereinander liegen, schalten daraufhin die Außenleiter auf den Verstärker. Auch eine an die Klemmen Kl_7 und Kl_8 anzuschließende Erregerwicklung eines elektrodynamischen Lautsprechers erhält Spannung. Die Glimmlampe $Rö_6$ zeigt den Betriebszustand an.

Die Relaisschaltung ist so ausgelegt, daß sie bei Ausfall nur eines Außenleiters ebenfalls abschaltet. Durch diese Maßnahme sind die Schirmgitter der Endröhren auch beim Fehlen der Anodenspannung vor Überlastung gesichert. Um den Verstärker auch am Aufstellungsort einschalten zu können, lassen sich die

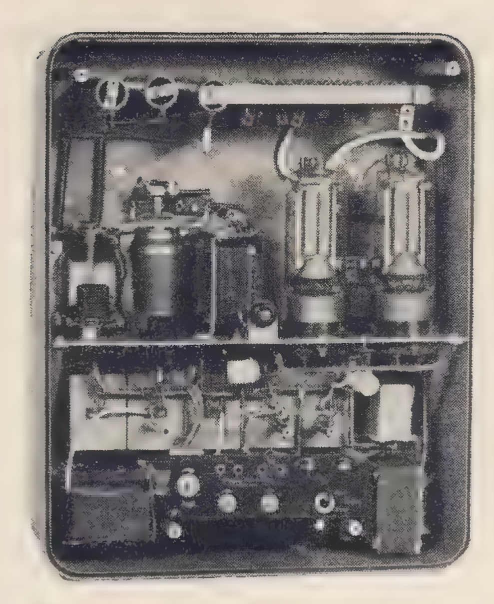


Bild 4: 25-Watt-Verstärker

Kontakte a_1 und a_2 durch einen doppelpoligen Schalter S_1 überbrücken.

Die im Stromlaufplan angegebenen Werte in Klammern gelten für den 25-W-Verstärker, der mit nur zwei Röhren RL 12 P 35 bestückt ist.

Aufbau

Genaue Wickelangaben für sämtliche Übertrager und die Drossel Dr_1 sind aus der Tabelle 1 zu entnehmen. Die Wicklungen sind in der Ziffernfolge aufzubringen; bei dem Ausgangsübertrager $Ü_3$ wird die schädliche Streuinduktivität durch die angegebene Wicklungsart wesentlich verkleinert und damit der Frequenzbereich des Übertragers in den Höhen beträchtlich erweitert.

Die Nebenwiderstände R_{15} und R_{16} werden so abgeglichen, daß je nach dem verwendeten Meßwerk und dessen Skalenteilung ein bequemes Ablesen möglich ist. Wird zum Beispiel ein Multizet mit 100-Ω-Meßwerk, 1 mA Vollausschlag und 30teiliger Skala verwendet, sind die Nebenwiderstände R_{15} und R_{16} auf 150 mA Vollausschlag (50-W-Verstärker) bzw.

Tabelle 1

$Ü_1$		Blechpaket M 65/27 ohne Luftspalt wechselschichtig
	1 2 3	2 × 400 Wgd. 0,2 CuL
	4	1 Lage 0,2 CuL
	5 6	9600 Wdg. 0,1 CuL
$Ü_2$		Blechpaket M 65/27 0,5 mm Luftspalt gleichschichtig
	1 2 3	2 × 3300 Wdg. 0,15 CuL
$Ü_3$		Blechpaket E 105/35 ohne Luftspalt wechselschichtig
		für 100 V, 50 W:
	1 2	815 Wdg. 0,3 CuL
	3 4	420 Wdg. 0,6 CuL
	5 6	815 Wdg. 0,3 CuL
		für 100 V, 25 W:
	1 2	1140 Wdg. 0,25 CuL
	3 4	590 Wdg. 0,5 CuL
	5 6	1140 Wdg. 0,25 CuL
$Ü_4$		Blechpaket E 54/18 ohne Luftspalt wechselschichtig
	1 2	250 Wdg. 0,2 CuL
	3	1 Lage 0,2 CuL
	4 5	250 Wdg. 0,2 CuL
Dr_1		Blechpaket E 84/28 0,5 mm Luftspalt 3300 Wdg. 0,23 CuL (ca. 230 Ω Gleichstromwiderstand)

Zusammenstellung der verwendeten Einzelteile

Teil	Benennung	Größe	Bemerkung
$Rö_1$	Röhre C L 4		$Rö_1$ bis $Rö_6$ mit Fassung
$Rö_2$	Röhre RL 12 P 35		
$Rö_3$	Röhre RL 12 P 35		
$Rö_4$	Röhre RL 12 P 35		
$Rö_5$	Röhre RL 12 P 35		
$Rö_6$	Signalglimmlampe	220 V	
R_1	Schichtwiderstand	0,2 MΩ, 0,25 W	
R_2	Schichtwiderstand	1 MΩ, 0,25 W	
R_3	Schichtwiderstand	1 kΩ, 0,25 W	
R_4	Schichtwiderstand	170 Ω, 0,5 W	
R_5	Schichtwiderstand	0,1 MΩ, 0,25 W	
R_6	Drahtwiderstand	4,5 kΩ, 3 W	
R_7	Schichtwiderstand	0,2 MΩ, 0,5 W	
R_8	Schichtwiderstand	0,2 MΩ, 0,5 W	
R_9	Schichtwiderstand	1 kΩ, 0,25 W	
R_{10}	Schichtwiderstand	1 kΩ, 0,25 W	
R_{11}	Drahtwiderstand	175 Ω, 4 W	für 50-W-Verstärker
		400 Ω, 2 W	für 25-W-Verstärker
R_{12}	Drahtwiderstand	175 Ω, 4 W	für 50-W-Verstärker
		400 Ω, 2 W	für 25-W-Verstärker
R_{13}	Schichtwiderstand	1 kΩ, 0,25 W	
R_{14}	Schichtwiderstand	1 kΩ, 0,25 W	
R_{15}	Drahtwiderstand	siehe Text	Nebenwiderstand für Anodenstrommessung
R_{16}	Drahtwiderstand	siehe Text	Nebenwiderstand für Anodenstrommessung
R_{17}	Drahtwiderstand mit Schelle	10 Ω, 1 W	
R_{18}	Schichtwiderstand	0,3 MΩ, 0,25 W	
R_{19}	Drahtwiderstand	270 Ω, 110 W	für 50-W-Verstärker
		310 Ω, 125 W	für 25-W-Verstärker
R_{20}	Drahtwiderstand	700 Ω, 30 W	
R_{21}	Drahtwiderstand	700 Ω, 30 W	
R_{22}	Drahtwiderstand mit Schelle	700 Ω, 30 W	auf 200 mA abgleichen
P_1	Schichtdrehwiderstand	0,1 MΩ, pos. log.	
P_2	Drahtdrehwiderstand (Entbrummer)	100 Ω	
P_3	Drahtdrehwiderstand (Entbrummer)	100 Ω	
C_1	Sikatropkondensator	1 nF, 500 V	

Teil	Benennung	Größe	Bemerkung
C_2	Drehkondensator mit festem Dielektrikum	500 pF	
C_3	Keramikkondensator	200 pF, 400 V	
C_4	Elektrolytkondensator	50 μF, 20/25 V	
C_5	Sikatropkondensator	0,1 μF, 500 V	
C_6	Sikatropkondensator	0,1 μF, 500 V	
C_7	Elektrolytkondensator	50 μF, 60/70 V	
C_8	Elektrolytkondensator	50 μF, 60/70 V	
C_9	Elektrolytkondensator	25 μF, 300/330 V	
S_1	Kippausschalter, 2polig		
Si_1	Sicherung 5 × 20	0,7 A mittelträge	mit Sicherungshalter
Si_2	Sicherung 5 × 20	1,2 A mittelträge	mit Sicherungshalter
A	Relais mit 2 Arbeitskontakten	24 V, 500 Ω	
B	Relais mit 4 Arbeitskontakten	24 V, 120 Ω	
$Ü_1$	Eingangsübertrager M 65/27	Dyn. Blech IV M 65 × 0,35 DIN E 41302	wickeln nach Tabelle 1
$Ü_2$	Gegentaktzwischenübertrager M 65/27 0,5 mm Luftspalt	Dyn. Blech IV M 65 × 0,35 0,5 DIN E 41 302	wickeln nach Tabelle 1
$Ü_3$	Gegentaktausgangsübertrager E 105/35	Dyn. Blech IV E/I 105 × 0.5 DIN E 41302	wickeln nach Tabelle 1
$Ü_4$	Leitungsübertrager E 54/18	Dyn. Blech IV E/I 54 × 0,35 DIN E 41302	wickeln nach Tabelle 1
Dr_1	Siebdrossel E 84/28	Dyn. Blech IV E/I 84 × 0,35 DIN E 41302	wickeln nach Tabelle 1
Kl_1 bis Kl_3	Klemmleiste für Eingang	3teilig	
Kl_4 bis Kl_8	Klemmleiste für Netz und Erregung	5teilig	
Kl_9 bis Kl_{12}	Klemmleiste für Ausgang	4teilig	
Bu_1 bis Bu_5	5 Buchsen	4 mm ∅	

1 Blechgehäuse	Aluminiumblech 2,5 bis 3 mm dick
4 Keramikkörper für Widerstand R_{19}	Hartpapier 2 bis 3 mm dick
9 Lüsterklemmen (1polig) für Widerstand R_{19}	feinmaschiges Drahtgewebe
1 Gitterclip	

90 mA Vollausschlag (25-W-Verstärker) des Instrumentes abzugleichen.

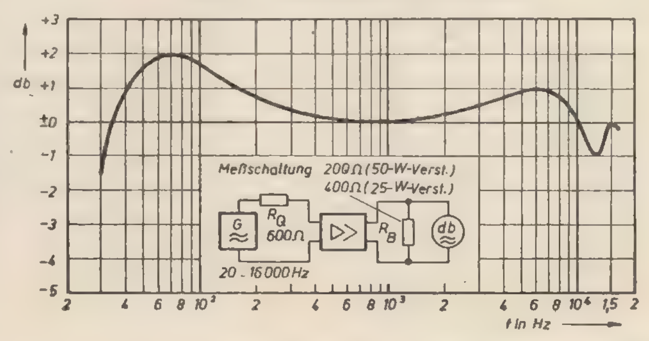
Den hochbelastbaren Widerstand R_{19} wird man kaum im Fachhandel erwerben können; man kann ihn aus einigen auf Keramikkörper aufgewickelten Heizwendeln für elektrische Kocher selbst herstellen. Klemmverbindungen an diesem Widerstand sind zweckmäßig durch einpolige Lüsterklemmen mit Porzellanisolation vorzunehmen. Der Widerstand erhält außerdem an einer Seite vier Anzapfungen in einem Abstand von etwa 8 Ω (≙ 5 V Spannungsunterschied), so daß der Heizstrom bei der ersten Inbetriebnahme in gewissen Grenzen verändert werden kann.

Wie bereits erwähnt, wird der Anodenstrom mit Hilfe der Potentiometer P_2 und P_3 auf 100 mA (50-W-Verstärker) bzw. 50 mA (25-W-Verstärker) eingeregelt. Der Abgriff des Widerstandes R_{17} ist so einzustellen, daß bei der festgelegten Aussteuerung des Verstärkers eine Tonfrequenzspannung von 1,55 V an die Überwachungsleitung abgegeben wird.

Ist am Aufstellungsort des Verstärkers mit großen Temperaturschwankungen und mit Feuchtigkeitseinflüssen zu rechnen, sollten sämtliche im Schaltbild angegebenen Elektrolytkondensatoren vorteilhaft durch feuchtigkeitssichere und temperaturunempfindliche MP-Kondensatoren ersetzt werden. Auch in den Mustergeräten, die in den Bildern 1 und 4 gezeigt werden, sind an Stelle der Elektrolytkondensatoren 30-μF-MP-Kondensatoren eingesetzt worden.

Für den mechanischen Aufbau sollen nur einige Hinweise gegeben werden. Die Gehäuse der Mustergeräte bestehen aus Stahlblech mit den Abmessungen von 420 × 340 × 140 mm. Die sich im Betrieb stark erwärmenden Widerstände R_{19}, R_{20}, R_{21}, R_{22} sind unter der gelochten und mit feinmaschigem Drahtgewebe versehenen Gehäusedecke angebracht. Der Deckelausschnitt ist ebenfalls mit Drahtgaze bespannt. Auf der mit zwei Winkeln in Gehäusemitte befestigten Grundplatte sind die Röhren, der Eingangsübertrager $Ü_1$, der Zwischenübertrager $Ü_2$, der Leitungsübertrager $Ü_4$ und das Relais A angeordnet. Alle übrigen Einzelteile sind unter der Grundplatte montiert. Die Bedienungselemente, die Sicherungen und Meßklemmen befinden sich auf einer von zwei Säulen gehaltenen Hartpapierleiste und sind nach dem Abschrauben einer Abdeckplatte von außen zugänglich, ohne daß man den Deckel entfernen muß. Sämtliche Anschlußleitungen werden von unten an die in den Bildern nicht sichtbaren Klemmen Kl_1 bis Kl_{12} geführt. In den abgebildeten Geräten ist der Drehkondensator C_2, der sich nachträglich zur Frequenzgangkorrektur als zweckmäßig erwiesen hat, noch nicht enthalten.

Bild 5: Frequenzgang der Verstärker



Meßwerte

Der Frequenzgang beider Verstärker zeigt zwischen 30 und 16000 Hz keine größeren Abweichungen als ± 2 db (Bild 5). Die Frequenzkurve wurde bei herausgedrehtem Drehkondensator C_2 aufgenommen. Bei voll aufgedrehtem Pegelregler P_1 beträgt die Aussteuerspannung ca. 500 mV, der Klirrfaktor bei 1000 Hz und 0,85facher Nennleistung (gemäß DIN 45560) für beide Verstärker 5%. Die Fremdspannung ist von der zeitlich schwankenden Wechselstromüberlagerung des Lichtnetzes abhängig. Das subjektiv feststellbare Störgeräusch ist jedoch vollkommen unbedeutend und im Freien schon in geringer Entfernung vom Lautsprecher überhaupt nicht mehr wahrnehmbar.

Die Leistungsaufnahme des 50-W-Verstärkers beträgt 355 W, die des 25-W-Verstärkers 295 W.

Literatur

[1] H. Gundelach, Kommerzielle Röhren in Kraftverstärkern, Funk-Technik, 2. Jg. Nr. 21 (1947) S. 11 bis 13.

[2] H. Petzoldt, Elektroakustik, Band I, Allgemeine Anlagentechnik, Leipzig 1951, Fachbuchverlag GmbH.

[3] H.-E. Lattorff, Bauanleitung für einen 20-W-Koffermischpultverstärker mit Schallzeile, RADIO UND FERNSEHEN, Nr. 1 (1955) S. 16 bis 21.

H. J. LEHNE

Fernsteuerlizenz Nr. 1 der Deutschen Demokratischen Republik

Funkfernsteuerung von Flugmodellen

Es war schon lange der Wunsch der Modellbauer, Flugmodelle drahtlos steuern zu können. Eugen Sikora führte beim Rhönwettbewerb 1936 erstmalig ein ferngesteuertes Flugmodell vor. Der Krieg und die damit verbundenen Beschränkungen sowie die damals noch nicht weit genug entwickelte UKW- und Dezi-Technik ließen diese Probleme zunächst in den Hintergrund treten.

Seitdem es in der Deutschen Demokratischen Republik Funkamateure gibt und Sendelizenzen erteilt werden, erfolgt auch auf diesem Gebiete eine Weiterentwicklung. Heute beschäftigen sich die Mitglieder der GST mit der Fernsteuerung von Flugmodellen und werden durch die Gesellschaft für Sport und Technik weitgehend finanziell unterstützt. Früher konnten es nur diejenigen — und so ist es noch im Westen unseres Vaterlandes —, die über das entsprechende Geld verfügten.

In der Sowjetunion und in den volksdemokratischen Ländern ist die Entwicklung der Funkfernsteuerung schon sehr weit vorangeschritten.

Die ersten Republiksmeisterschaften für Fernlenkmodelle 1954 in Schkeuditz zeigten eindeutig, daß es noch viel zu tun gibt und vor allem, daß dabei die Mithilfe der Fachkreise dringend erforderlich ist.

Für Fernsteuerzwecke wurden in der Deutschen Demokratischen Republik drei Frequenzen freigegeben:

13,56 MHz ± 0,05%	= 22 m	Sender-ausgangsleistung max. 5 W
27,12 MHz ± 0,6%	= 11 m	
465 MHz ± 0,5%	= 0,65 m	

Wie die Praxis gezeigt hat, ist die Frequenz von 27,12 MHz mit ± 165 kHz (0,6%) am leichtesten einzuhalten. Im Ausland bevorzugt man ebenfalls diese Frequenz, die auch als „Industriefrequenz“ für HF-Öfen, Heilgeräte usw. benutzt wird. Die Frequenz 13,65 MHz mit $\pm 0,05\%$ ist nur durch quarzgesteuerte Sender einzuhalten. Die Welle 0,65 m, die ja schon im Dezimeterwellengebiet liegt, erfordert erhebliche Spezialkenntnisse in bezug auf Aufbau und Material, so daß Versuche damit nur Spezialisten des Dezimetergebietes anzuraten sind.

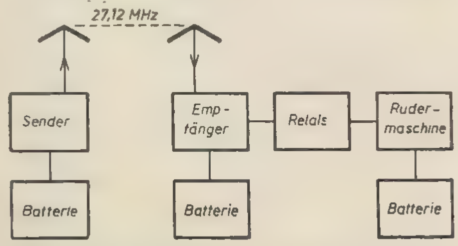


Bild 1: Blockschaltbild einer Fernsteueranlage für Flugmodelle

Zu einer Fernsteuerung gehören:

1. Der Sender mit einer Senderbatterie,
2. der Empfänger mit einer Empfängerbatterie, ein Relais und eine Rudermaschine mit Batterie (Bild 1).

Auf der Empfangsseite ist darauf zu achten, daß das Gesamtgewicht der Teile möglichst gering ist.

Man unterscheidet grundsätzlich folgende Arten der Steuerung:

1. Einkanalsteuerung
   a) Impulssteuerung
   b) Proportionalsteuerung
2. Mehrkanalsteuerung
   a) Impulssteuerung
   b) unter Umständen Proportionalsteuerung.

Einkanalsteuerung

Verwendet man die Einkanalsteuerung, kann nur eine Funktion ausgeführt werden. Der Sender arbeitet dabei unmoduliert auf der Grundfrequenz. Mit Verzögerungsgliedern (Thermoschaltern usw.) ist es möglich, außer dem Seitenruder auch noch die Motordrosselung zu betätigen.

Diese Steuerung ist vor allem dem Anfänger zu empfehlen.

a) Impulssteuerung

Hierbei setzt der vom Sender gegebene Impuls im Empfänger ein Relais in Tätigkeit, das einen durch die Konstruktion festgelegten Ausschlag des Ruders auslöst. Dabei ist der Sender meist nur während der Zeit der Impulsgabe in Betrieb.

b) Proportionalsteuerung

Eine entsprechende Tastvorrichtung des Senders ändert den Rhythmus der Impulse, und die Ruderstellung ändert sich durch besondere Maßnahmen proportional mit der Stellung eines Steuerhebels am Sender.

Im ersten Augenblick hat es den Anschein, als ob diese Art des Steuerns die ideale Lösung wäre, jedoch zeigt die Weltrangliste, daß die ersten acht Plätze Besitzer der Flugmodelle einnehmen, die mit Impulssteuerung arbeiten.

Sender

Im Laufe der Zeit hat sich eine Schaltung herausgebildet, die bei geringstem Aufwand die größtmögliche Leistung und die erforderliche Frequenzstabilität bei 27,12 MHz gewährleistet. Fast alle Sender werden als Huth-Kühn-Gegentaktsender gebaut (Bild 2). An zweiter Stelle stehen die selbsterregten Gegentaktsender (Bild 3).

In der Sowjetunion verwendet man Einröhrensender nach Bild 4.

Es ist ohne weiteres möglich, nach diesen Schaltungen Sender zu bauen, die bei sorgfältiger Arbeit und unter Berücksichtigung der besonderen Eigenarten des Kurzwellenbetriebes, zum Beispiel symmetrischer Aufbau und möglichst ohne Draht schalten, sofort einwandfrei arbeiten. Die Röhren richten sich

1. nach der geforderten Leistung,
2. nach der vorhandenen Stromquelle.

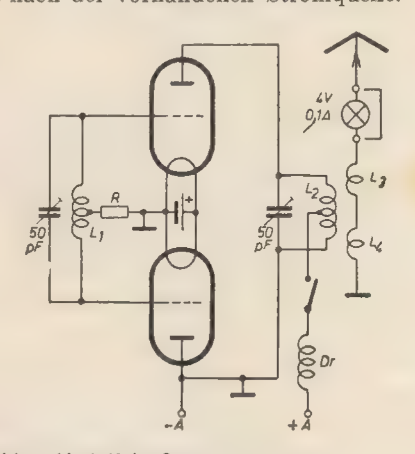


Bild 2: Huth-Kühn Sender
L_1; L_2: 2 × 4 Wdg., 2 mm Ø Cu; 25 mm Ø, 20 mm lang, Anzapfung in der Mitte
L_3; L_4: je 1 Wdg., am Anfang und am Ende von L_2, Abmessungen wie L_2
Röhren: 1 Doppeltriode oder 2 Trioden, z. B. LS 2; R: je nach Röhre 10 bis 20 kΩ

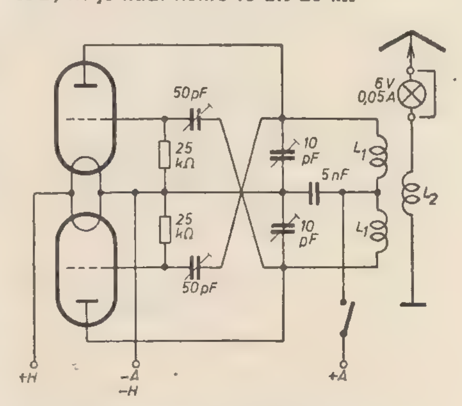


Bild 3: Selbsterregter Gegentaktsender
L_1: 2 × 4 Wdg., 2 mm Ø Cu; 25 mm Ø, 20 mm lang
L_2: 2 Wdg. zwischen L_1
Röhren wie Bild 2 (z. B. LS 2, 2 × 6 J 5)

Wehrmachtsröhren sollte man möglichst nicht verwenden, da deren Ersatz immer schwieriger wird. Die Röhre ECC81 genügt fast allen Ansprüchen. Es ist auch nicht nötig, daß die maximale Ausgangsleistung von 5 W ausgenutzt wird; denn eine Reichweite bis zu 1000 m genügt vollauf, da man die Modelle in dieser Entfernung aus Sichtgründen nicht mehr sicher steuern kann. Die praktische Arbeitsentfernung beträgt höchstens 400 bis 500 m.

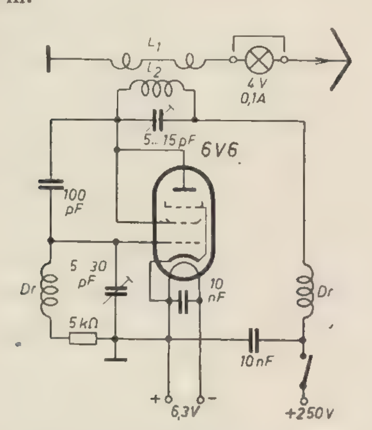


Bild 4: Einröhrensender (Sowjetunion)
L_1: je 1 Wdg. an beiden Seiten von L_2, 2 mm ∅ CuL; 20 mm ∅
L_2: 12 Wdg., 2 mm ∅ CuL; 20 mm ∅
Dr: 0,2 bis 0,3 mm ∅ CuL auf 6mm ∅ Pertinaxrohr, 2650 mm

Der Sender muß so gebaut sein, daß man ihn bequem transportieren kann; denn nichts ist unangenehmer, als auf fremde Hilfe angewiesen zu sein, was sich zum Beispiel beim Umformerbetrieb nicht vermeiden läßt. Um die HF-Leistung von 1,5 W zu erreichen, können ohne weiteres Zerhacker oder Batterien verwendet werden. Mit einer genau angepaßten $\frac{\lambda}{4}$-Stabantenne des Senders, etwa 2,65 m lang, erzielt man bereits einen Leistungsgewinn von etwa 50%. Die Senderkontrolle erfolgt durch eine 4 V/0,1 A Glühlampe im Fußpunkt der Antenne. Beim Senden ist die Lampe kurzzuschließen, da sie Energie verbraucht. Wenn sie normal leuchtet, entspricht das einer HF-Leistung von etwa 1,5 W.

Es ist durchaus möglich, andere Schaltungen zu benutzen, so zum Beispiel die ECO-Schaltung, jedoch ist deren Verwendung durch die geforderte Röhre begrenzt. Auch mehrstufige Sender mit einer Frequenzvervielfachung wurden mit Erfolg verwandt. Ideal wäre ein quarzgesteuerter Sender. Allerdings ist im Augenblick der Preis eines Quarzes noch zu hoch, etwa 250,— bis 300,— DM.

Empfänger

Eine einfache Schaltung für den Empfänger zeigt Bild 5. Es handelt sich hier um eine Rückkopplungsschaltung von großer Empfindlichkeit, auch Pendler oder Superregenerativschaltung genannt.

Hierbei wird durch den Gitterblock und den Ableitwiderstand eine niederfrequente Pendelschwingung erzeugt und der Rückkopplungschwingung zugefügt. Beide zusammen halten die Schwingungen aufrecht, so daß noch beim Schwingungseinsatz ein Empfang vorhanden ist, während bei der einfachen Rückkopplung die Schwingungen bereits abgerissen wären.

Der Einfluß des einfallenden Senderimpulses auf den Anodenstrom ist dabei verhältnismäßig groß, er geht von 1,8 mA beim Einfall des Signals auf etwa 0,3 mA zurück. Dieser Stromrückgang wird zum Schalten eines Relais ausgenutzt. Da der Empfänger bei größeren Entfernungen nicht mehr einwandfrei arbeitet, wird bei uns allgemein die Quenchkreisschaltung angewandt (Bild 6).

Werden die niederfrequenten Hilfsschwingungen in einem besonderen Kreis erzeugt, wird der Pendler stabiler, und der erforderliche Anodenstromrückgang ist mit normalen Endröhren zu erreichen. Zwei eng gekoppelte Spulen, deren Abmessungen und Wickeldaten sehr verschieden sind, erzeugen die Pendelfrequenz von 12 bis 50 kHz.

Allgemein verwendet man folgende Daten:

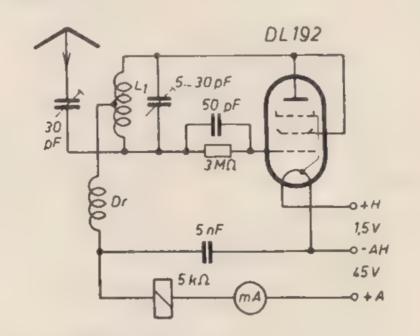


Bild 5: Empfänger in Superregenerativschaltung (Pendler)
L_1: 12 Wdg., 1,5 mm CuL; 16 mm ∅
Dr: 0,3 mm ∅ CuL auf 10 mm ∅ Pertinaxrohr, 2650 mm
Länge der Antenne etwa 1000 mm

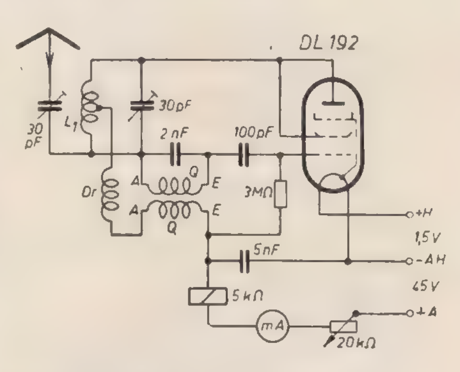


Bild 6: Empfänger in Quenchkreisschaltung
L_1: Werte siehe Bild 5
Q: Werte siehe Text

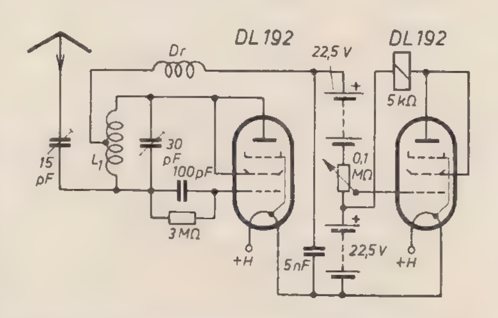


Bild 7: Pendelempfänger mit Gleichstromverstärkung

Spulenkörper: 2 Kammern, etwa je 3 bis 5 mm breit, Kerndurchmesser 10 mm, Außendurchmesser 20 mm.

Windungen: 2×400, 0,1 mm ∅ CuL in gleichem Wickelsinn. Anfang und Ende nicht verwechseln.

In der Sowjetunion:

Spulenkörper: Außendurchmesser etwas größer, die übrigen Angaben entsprechen den allgemeinen Angaben.

Windungen: 1×1000, 0,1 mm ∅ CuL, mit 2 nF abgestimmt, 1×800, 0,1 mm ∅ CuL.

In den USA:

Gitterspule: 16,4 mH

Anodenspule: 5,4 mH

Spulenmaße und Drahtstärken müssen an Hand der Induktionswerte errechnet werden.

Um unerwünschte Kopplungen zu vermeiden, ist darauf zu achten, daß die Schwingkreisspule, die Drossel und der Quenchkreis in verschiedenenen Ebenen liegen.

Die Eigenart dieser Empfänger besteht darin, daß bei Sendereinfall ein Rückgang des Anodenstromes erfolgt, wodurch das Ruhestromrelais abfällt und schaltet.

Bild 7 zeigt eine Empfangsschaltung mit Stromverstärkung, um weniger empfindliche Relais verwenden zu können.

An die Pendlerröhre wird ein NF-Verstärker galvanisch angekoppelt, da der Pendler nur Gleichstromänderungen hervorruft. Nachteilig ist das Verwenden zweier getrennter Anodenbatterien und das Zwischenschalten des Arbeitswiderstandes von 100 kΩ. Letzterer beeinflußt die Empfindlichkeit des Empfängers.

Als Röhren können zwei DL 192 oder auch Doppeltrioden verwandt werden. Das Relais arbeitet in diesem Falle mit Arbeitskontakten.

Relais

Hinsichtlich der Empfindlichkeit ist es zweckmäßig, ein polarisiertes Relais zu verwenden. Das Relais soll einen Widerstand von etwa 3 bis 6 kΩ haben und bei Stromänderungen von 0,2 bis 0,3 mA noch sicher schalten; denn bei einem Widerstand über 6 kΩ wird der Spannungsabfall zu groß. Ein polarisiertes Relais mit 5 kΩ, das bei der Post „T. rls 64" bezeichnet wird, erfüllt die geforderte Bedingung. Entfernt man alle überflüssigen Teile, wiegt es immer noch 150 g. Sicher gibt es hier und da noch Relais, die leichter sind und dennoch die Forderungen erfüllen.

Rudermaschine

Der Anker des Relais fällt beim Einfall des Senders ab und schaltet dadurch eine Rudermaschine.

Diese besteht aus einem Eisenkern und einer Spule von 15 bis 50 Ω. Ein Klappanker hemmt die Drehung eines Schaltsternes (zwei- oder mehrzackig), welcher durch einen Gummi oder eine Feder unter Vorspannung steht. Zieht der Klappanker an, gibt er den zweizackigen Schaltstern für eine Drehung um 90° frei. Das an den Stern gekoppelte Ruder-

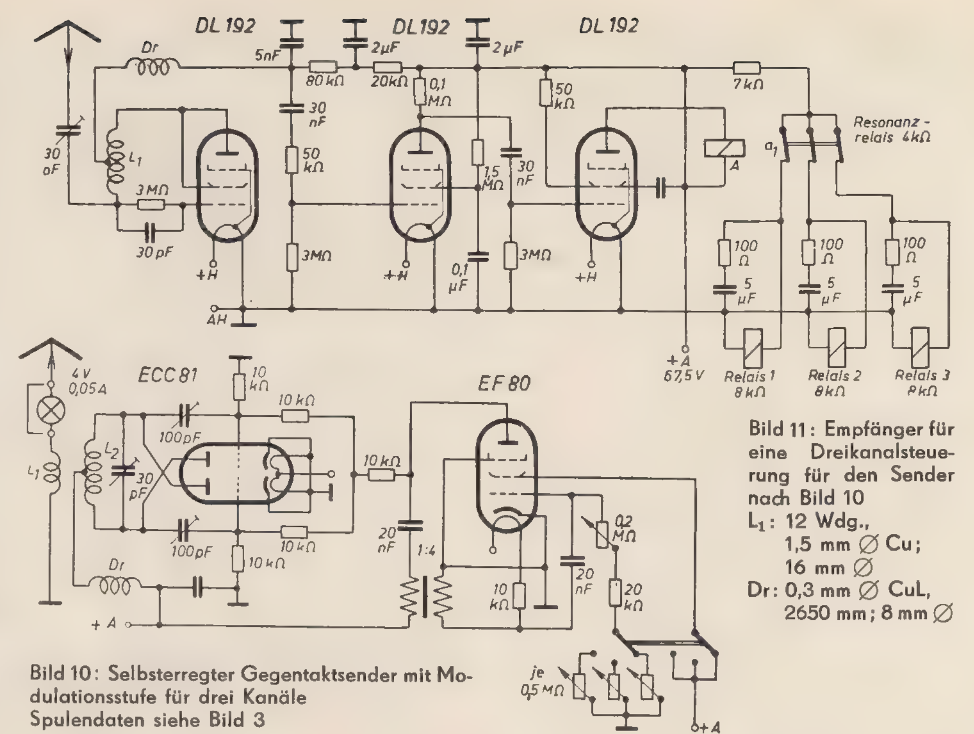


Bild 10: Selbsterregter Gegentaktsender mit Modulationsstufe für drei Kanäle
Spulendaten siehe Bild 3

Bild 11: Empfänger für eine Dreikanalsteuerung für den Sender nach Bild 10
L_1: 12 Wdg., 1,5 mm ∅ Cu; 16 mm ∅
Dr: 0,3 mm ∅ CuL, 2650 mm; 8 mm ∅

gestänge bewegt das Ruder zum Beispiel nach rechts. Läßt man jetzt die Taste am Sender los, wird die Rudermaschine stromlos und der Anker fällt ab. Der Schaltstern dreht sich wieder um 90° und stellt das Ruder auf geradeaus, in die Ruhestellung. Durch den nächsten Impuls bewegt sich das Ruder auf die linke Seite, um am Schluß des Sendeimpulses wieder die Ruhestellung einzunehmen. Es ergibt sich also der Rudervorgang: rechts — gerade — links — gerade — usw. (Bilder 8 und 9).

Ein vierzackiger Schaltstern arbeitet zwar sparsamer, das heißt, ein kurzer Impuls genügt, um das Ruder einzustellen, jedoch bleibt beim Ausfall des Senders die zum Beispiel gerade eingestellte Kurve bestehen, was unter Umständen zum Absturz des Flugmodells führen kann. Dagegen hat der zweizackige Schaltstern den Vorteil, daß die jeweilige Rechts- oder Linksstellung des Ruders nur so lange bestehen bleibt, wie der Sender in Tätigkeit ist. Fällt der Sender aus, steht das Ruder stets auf geradeaus.

Als Antrieb für die Rudermaschine genügt ein kurzer Gummi mit einem Querschnitt von etwa 6 bis 8 mm², der mit 200 Umdrehungen aufgezogen für einen längeren Flug vollauf genügt (Prinzip des Gummimotors).

Der Empfänger wird nach dem Einbau genau auf den Sender abgestimmt, wobei die Antenne mit in die Abstimmung eingeht. Bei eingeschaltetem Empfänger muß in einem zwischen + Anode und dem Relais eingeschalteten Kopfhörer ein starkes Rauschen zu hören sein (Pendelrauschen). Wird der Sender eingeschaltet und getastet, so muß das Rauschen sofort ausbleiben. Der Anodenstrom soll bei der DL 192 etwa 2,2 mA betragen. Der Rückgang beträgt dann etwa 1,4 mA. Ein Empfänger, der beim Senden ohne Sendeantenne in einer Entfernung von 25 m einwandfrei schaltet, wird bei genauer Antennenanpassung in der 100fachen Entfernung als maximale Grenze mit Sendeantennen noch arbeiten. Die Reichweiteversuche werden ergeben, daß man bei etwa 150 m den Antennentrimmer des Empfängers nachtrimmen muß.

Mehrkanalsteuerung

Der Grund- oder Trägerfrequenz werden bis zu acht Tonfrequenzen aufmoduliert, die dann im Empfänger durch geeignete Schaltungen gefiltert werden und entsprechende Steuervorgänge auslösen.

Es ist also möglich, um es an dem Flugmodell des Europameisters K. H. Stegmaier zu erläutern, Höhenruder, Seitenruder, Motordrosselung und Fallschirmabwurf zu betätigen. Hierbei werden die Kanäle wie folgt aufgeteilt:

Höhenruder:	2 Kanäle, hoch und tief je 1 Kanal,
Seitenruder:	2 Kanäle, rechts und links je 1 Kanal,
Motordrosselung:	1 Kanal,
Fallschirmabwurf:	1 Kanal,
Reserve:	2 Kanäle,
insgesamt:	8 Kanäle.

Die Empfangsanlage einschließlich der Batterien und der Rudermaschinen wiegt nur 400 g. Bei Mehrkanalanlagen ist theoretisch die Proportionalsteuerung gleichfalls möglich, jedoch steht der Aufwand in keinem Verhältnis zum Erfolg. Dazu kommt noch eine gewisse Kompliziertheit der Gesamtanlage, die man aus Gründen der Betriebssicherheit so einfach wie möglich aufbauen sollte.

Sender

Bei der Mehrkanalsteuerung ändert sich am eigentlichen Sender nichts. Über einen NF-Transformator 1:4 werden dem Gitter der Senderöhre oder auch der Anode lediglich die entsprechenden Tonfrequenzen aufmoduliert. Für den Modulationsteil ist eine weitere Röhre notwendig. Jede modulierte Frequenz läßt sich durch ein Potentiometer abstimmen (Bild 10).

Empfänger

HF-seitig weist die Schaltung im Bild 11 keine Besonderheiten auf. Lediglich die letzte HF-Stufe besitzt ein Spezialrelais, das mit Stahlfederzungen ausgerüstet ist, die nach dem Prinzip des Zungenfrequenzmessers auf die jeweiligen

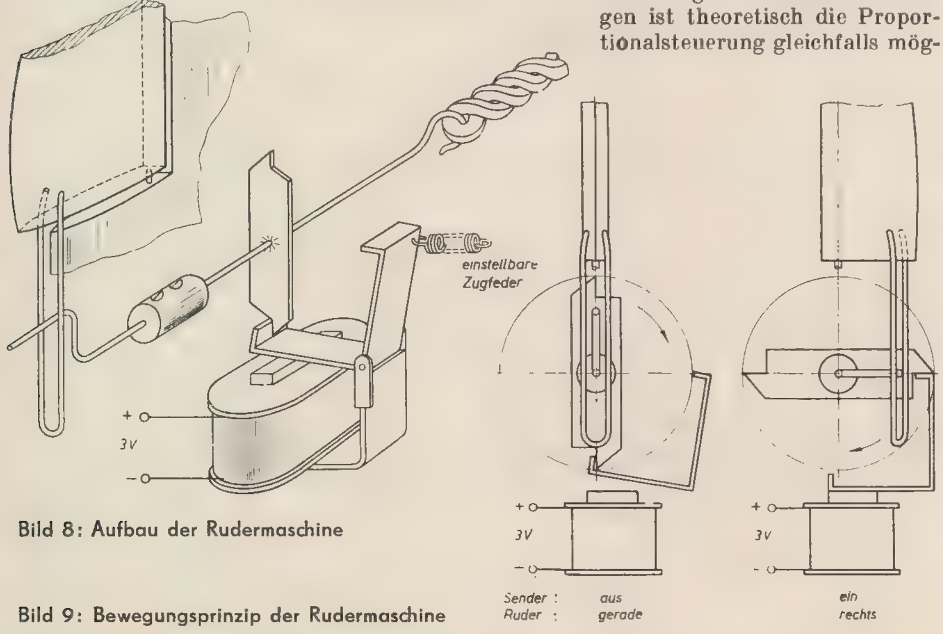


Bild 8: Aufbau der Rudermaschine

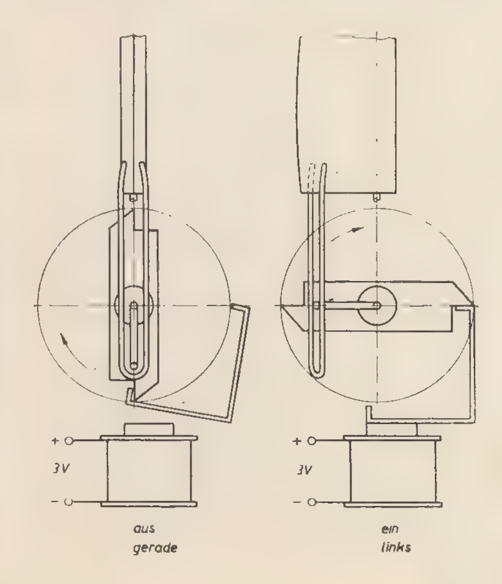


Bild 9: Bewegungsprinzip der Rudermaschine

Frequenzen im Resonanzfalle ansprechen. Die schwingenden Zungen erzeugen über die Kontakte einen zerhackten Gleichstrom, der gleichgerichtet einem entsprechenden Relais von 7 bis 8 kΩ zugeführt wird. Dieses schaltet eine Rudermaschine, die meist nur aus einer Magnetspule besteht, welche mit ihrem Anker das Ruder oder die Drosselklappe betätigt.

Stromversorgung

Beim Sender erfolgt die Stromversorgung je nach der verwendeten Röhre und der verlangten Leistung entweder durch Batterien, Zerhacker oder Umformer. Ersteres ist wohl vorwiegend der Fall.

Beim Empfänger haben sich die von dem VEB Berliner Batterie- und Elementefabrik hergestellten 22,5-V-Hörbatterien BP 1121/22,5 als Anodenbatterie und die Kleinstzelle 1,5 V, mit der Bezeichnung EAaT, als Heizstromquelle bestens bewährt. Leistungs- und gewichtsmäßig entsprechen sie den an sie gestellten Forderungen und gewährleisten unter normalen Bedingungen eine Betriebssicherheit von einigen Stunden.

Als Heizbatterien lassen sich die 2-V-Kleinakkumulatoren, die aufladbar sind, gleichfalls gut verwenden. Bei den Röhren der D-Serie ist ein Widerstand (Entbrummer) von etwa 10 Ω vorzuschalten und mit einem Meßinstrument einzuregulieren.

Zum Schluß seien noch einige Hinweise gegeben.

1. Der Betrieb von Fernsteueranlagen ist von dem Besitz einer Lizenz abhängig. Diese ist über die Grundeinheit der Gesellschaft für Sport und Technik dem Zentralvorstand beim Ministerium für Post- und Fernmeldewesen in der vorgeschriebenen Form einzureichen. Der Betrieb von Fernsteueranlagen ohne Lizenz ist ein Verstoß gegen das Rundfunkgesetz und wird mit Zuchthaus bestraft.

2. Nichteinhalten der Frequenz innerhalb der erlaubten Toleranz und Überschreiten der HF-Leistung von 5 W führt zum Entzug der Lizenz. Die Frequenz ist stets mit einem geeigneten Frequenzmesser zu kontrollieren. Bild 12 zeigt die Schaltung eines einfach herzustellenden Frequenzmessers.

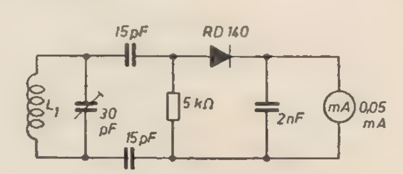


Bild 12: Frequenzmesser für 27,12 MHz
L_1: 12 Wdg., 1,5 mm ∅ CuL; 16 mm ∅

Die Erfahrungen haben gezeigt, daß es unsinnig ist, mit großen Fernsteueranlagen zu beginnen; denn die auftretenden Schwierigkeiten können am besten an Einkanalanlagen studiert werden. Nur ein systematisches Vorgehen sichert den Erfolg.

Das, was hier über die Sender und die Empfänger der Fernsteuerungen für Flugmodelle gesagt wurde, trifft im gleichen Maße für Auto- und Schiffsmodelle zu.

Anordnung über die Erteilung von Genehmigungen zur Fernsteuerung von Modellen mittels Funkanlagen

Am 1. Juni 1954 wurde vom Ministerium für Post- und Fernmeldewesen folgende Anordnung über die Erteilung von Genehmigungen zur Fernsteuerung von Modellen mittels Funkanlagen erlassen, die im Zentralblatt Nr. 24 (1954) S. 255 veröffentlicht wurde. Der Magistrat von Groß-Berlin hat am 4. August 1954 beschlossen, daß diese Anordnung auch für Groß-Berlin gilt [siehe Verordnungsblatt für Groß-Berlin Nr. 39 (1954) S. 411].

Über die Erteilung von Genehmigungen zum Besitz, zur Herstellung sowie zum Errichten und zum Betrieb von Funkanlagen zur Fernsteuerung von Modellen zu sportlichen Zwecken wird im Einvernehmen mit dem Ministerium des Innern, Ministerium für Volksbildung, Ministerium Finanzen, Ministerium der Justiz und dem Zentralamt für Forschung und Technik der Staatlichen Plankommission folgendes angeordnet:

§ 1

(1) Zum Besitz, zur Herstellung sowie zum Errichten und zum Betrieb von Funkanlagen zur Fernsteuerung von Flug-, Schiffs- und Eisenbahn-Modellen sowie von sonstigen Modellfahrzeugen ist die Genehmigung des Ministeriums für Post- und Fernmeldewesen erforderlich.

(2) Die Anträge auf Genehmigung müssen vor Herstellung der Sender bzw. vor Errichtung und Inbetriebnahme der Funkanlagen gestellt werden.

(3) Die Genehmigung wird in Form einer Genehmigungsurkunde erteilt.

(4) Bereits vorhandene oder in der Herstellung befindliche Funksender sind spätestens innerhalb von zwei Monaten nach Inkrafttreten dieser Anordnung beim Ministerium für Post- und Fernmeldewesen anzumelden, sofern Anträge auf Genehmigung zum Besitz oder zur Herstellung noch nicht gestellt worden sind.

§ 2

(1) Anträge auf Erteilung von Genehmigungen sind, sofern sie von Mitarbeitern außerschulischer Einrichtungen bzw. von Leitern außerschulischer Arbeitsgemeinschaften gestellt werden, bei der Zentralstation der Jungen Techniker in Berlin-Treptow, in jedem anderen Fall beim Zentralvorstand der Gesellschaft für Sport und Technik in Halle (Saale) einzureichen.

(2) Der Antrag muß enthalten:

a) Name und Anschrift des Antragstellers,
b) Verwendungszweck des Funksenders bzw. der Funkanlage,
c) Aufstellungsort des Funksenders bzw. der Funkanlage,
d) Art des Senders und seine hochfrequente Ausgangsleistung in Watt sowie Art des Empfängers (bei Industriegeräten Angabe des Herstellers und der Typenbezeichnung),
e) beantragte Frequenz und Sendeart,
f) Art der Steuerimpulse.

§ 3

(1) Genehmigungen können vom Ministerium für Post- und Fernmeldewesen erteilt werden, wenn der Antragsteller Bürger der Deutschen Demokratischen Republik und Mitarbeiter einer außerschulischen Einrichtung oder Arbeitsgemeinschaftsleiter oder Mitglied der Gesellschaft für Sport und Technik ist und wenn die Anträge von der Zentralstation der Jungen Techniker bzw. vom Zentralvorstand der Gesellschaft für Sport und Technik befürwortet sind.

(2) Bei Minderjährigen muß dem Antrag die schriftliche Einwilligung des gesetzlichen Vertreters beigefügt sein.

§ 4

(1) Die Genehmigung berechtigt nur zur Herstellung, zum Errichten und zum Betrieb von Funkanlagen zur Fernsteuerung von Modellen zu ausschließlich sportlichen Zwecken.

(2) Die Genehmigung ist personell gebunden und nicht übertragbar.

(3) Für die Übertragung von Nachrichten dürfen die Funkanlagen zur Fernsteuerung von Modellen nicht benutzt werden.

(4) Werden Zeichen oder Nachrichten empfangen, die nicht für die Fernsteuerung von Modellen bestimmt sind, so dürfen diese Zeichen oder Nachrichten weder niedergeschrieben noch die Tatsache ihres Empfangs anderen Personen zur Kenntnis gebracht werden. Davon ausgenommen sind Notrufe und Nachrichten, die nach den geltenden Gesetzen anzeigepflichtig sind.

§ 5

Für die Sender und Empfänger können die Frequenzen

13 560 kHz ± 0,05% oder
27 120 kHz ± 0,6 % oder
465 MHz ± 0,5 %

zugeteilt werden.

§ 6

(1) Die Funkanlagen müssen den im Antrag gemachten Angaben entsprechen und gemäß den Bestimmungen dieser Anordnung errichtet sein.

(2) Die hochfrequente Ausgangsleistung des Senders darf fünf Watt nicht übersteigen.

(3) Die Sender müssen mit Quarzen oder mit geeichten Frequenz-Kontrolleinrichtungen ausgerüstet sein.

§ 7

Die Funkanlagen dürfen erst in Betrieb genommen werden, wenn sie durch Beauftragte der zuständigen Bezirksdirektion für Post- und Fernmeldewesen und der Zentralstation der Jungen Techniker bzw. der Gesellschaft für Sport und Technik überprüft worden sind.

§ 8

(1) Durch den Betrieb der Funkanlagen dürfen Fernmeldeanlagen, die öffentlichen Zwecken dienen, nicht gestört werden.

(2) Für die Höchstwerte der Feldstärken von harmonischen Ausstrahlungen und von Nebenfrequenzen der Arbeitsfrequenz gelten die Vorschriften der Verordnung über Hochfrequenzanlagen.

(3) Werden Störungen verursacht, so hat der Inhaber der Genehmigung für ihre Beseitigung zu sorgen.

§ 9

(1) Die Funkanlagen dürfen nur von der in der Genehmigungsurkunde bezeichneten Person errichtet und betrieben werden.

(2) Für jeden Mißbrauch der Funkanlagen — auch durch Dritte — ist der Inhaber der Genehmigung verantwortlich.

§ 10

(1) Den Beauftragten des Ministeriums für Post- und Fernmeldewesen ist das Betreten von Grundstücken, Räumen usw., in denen sich die Funksender oder die Funkanlagen oder Teile derselben befinden, jederzeit zu gestatten.

(2) Den Genannten ist die Genehmigungsurkunde vorzuzeigen, Einblick in die Betriebsunterlagen zu gewähren und Auskunft über die Anlage und ihren Betrieb zu erteilen.

§ 11

Die Gebühr für die Ausstellung einer Genehmigungsurkunde beträgt 3 DM.

§ 12

(1) Die Genehmigung erlischt, wenn der Inhaber auf sie verzichtet oder wenn sie das Ministerium für Post- und Fernmeldewesen widerruft. Das Ministerium für Post- und Fernmeldewesen kann die Genehmigung widerrufen, wenn der Berechtigte gegen die Bestimmungen dieser Anordnung verstößt oder wenn die Voraussetzungen für die Erteilung der Genehmigung nicht mehr gegeben sind.

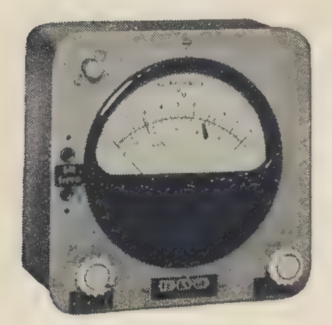
(2) Nach Erlöschen der Genehmigung sind die Funkanlagen außer Betrieb zu setzen und die Sendegeräte zu zerlegen.

(3) Die Genehmigungsurkunde ist dem Ministerium für Post- und Fernmeldewesen zurückzugeben.

§ 13

Änderungen technischer Art an den Sende- und Empfangsanlagen, die durch Änderungen der zugelassenen Frequenzen für den Betrieb von Funkanlagen zur Fernsteuerung von Modellen bedingt sind, gehen zu Lasten des Eigentümers einer solchen Anlage.

Ein Klirrfaktormeßgerät mit Transistorverstärker



Klirrfaktormeßgerät mit Transistorverstärker

Die Süddeutsche Telefon-Apparate-, Kabel- und Drahtwerke AG, TE-KA-DE, in Nürnberg hat ein Klirrfaktormeßgerät entwickelt, das in seinem Verstärkerteil statt Röhren zwei Transistoren vom Typ GFT 3 (Hersteller TE-KA-DE) in Emitterschaltung verwendet.

Damit gelang es, ein Gerät zu konstruieren, das etwa die Größe eines der bekannten Vielfachmeßinstrumente besitzt und auch so einfach zu bedienen ist. Es kann ohne weiteres in der Aktentasche mitgeführt und auch von weniger eingearbeiteten Kräften bedient werden. Man kann natürlich an ein derart robustes Gerät nicht die gleichen Anforderungen wie an ein Labormeßgerät stellen. In der Praxis (Fertigungskontrolle, laufende Überwachung usw.) genügt es aber im allgemeinen, die Größe der 2. und 3. Oberwelle im Vergleich zur Grundwelle bei einer Frequenz zu messen, wobei die Meßunsicherheit 10% nicht überschreitet. Als Stromquelle dient eine eingebaute 3-V-Stabbatterie, die bei dem geringen Eigenverbrauch der Transistoren für eine ununterbrochene Betriebsdauer von mehr als 500 Stunden ausreicht. Das Gewicht des kompletten Meßgerätes beträgt nur 1,6 kg, seine äußeren Abmessungen sind 130 × 155 × 100 mm.

Zur Anzeige wird ein Drehspulinstrument benutzt, dessen Drehspule in gefederten Steinen gelagert ist. Da auch die Flächentransistoren gegen Erschütterungen unempfindlich sind, ist das Meßgerät unter rauhen Betriebsbedingungen verwendbar.

Neben der Klirrfaktormessung gestattet das Gerät auch das Messen von Wechselspannungen zwischen 50 mV und 240 V. Das Instrument hat eine logarithmische Skaleneinteilung, wobei die niedrigen Werte stark auseinandergezogen erscheinen. Der Frequenzbereich für Spannungsmessungen ist 30 Hz bis 16 kHz, der Eingangswiderstand des Meßwerkes größer als 10 kΩ und die Meßunsicherheit kleiner als 3%. Mit einem aufsteckbaren Vorübertrager beträgt der kleinste Meßbereich 0,5 V (Vollausschlag) an 600 Ω. Bei der Klirrfaktormessung wird so vorgegangen, daß das auf seinen Oberwellengehalt zu untersuchende Signal (zum Beispiel 800 Hz Grundfrequenz) an den Eingang des Gerätes gelegt wird. Zwischen den Eingang und die Anzeigeeinrichtung können wahlweise drei verschiedene Vierpole gelegt werden:

a) In der oberen Schalterstellung die Eichleitung mit der frequenzunabhängigen Betriebsdämpfung b,
b) in der mittleren Schalterstellung ein Bandfilter, das für die 2. Harmonische des Eingangssignals die Betriebsdämpfung b_{K_2} als Durchlaßdämpfung besitzt,
c) in der unteren Schalterstellung K_3 ein Bandfilter, das für die 3. Harmonische des Eingangssignals die Betriebsdämpfung b_{K_3} als Durchlaßdämpfung besitzt.

Da prinzipiell die drei Dämpfungen untereinander gleich groß sind, ergeben sich aus den drei Messungen gemäß a, b, c die Klirrgrade K_2 und K_3. Es gelten die Beziehungen

$$K_2 = \frac{\text{Effektivwert der 2. Harmonischen}}{\text{Effektivwert der Gesamtspannung}}$$

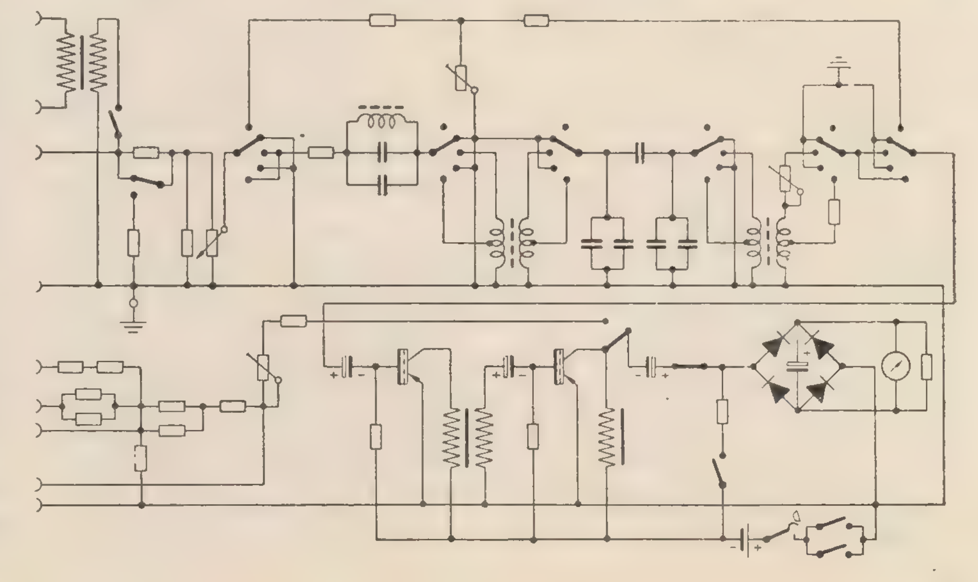
und

$$K_3 = \frac{\text{Effektivwert der 3. Harmonischen}}{\text{Effektivwert der Gesamtspannung}}.$$

Für die Klirrfaktormessung sind drei Meßbereiche vorgesehen:

1. 20% Klirrfaktor für Endausschlag,
2. 10% Klirrfaktor für Endausschlag,
3. 1% Klirrfaktor für Endausschlag.

Dabei sind 0,06% noch gut ablesbar; 0,03% lassen sich mit genügender Genauigkeit schätzen. Der Widerstand des Übertragereingangs beträgt 6 kΩ, der des außerdem noch vorhandenen unsymmetrischen Eingangs 600 Ω. Die Verstärkung in dem Zweifachtransistorverstärker reicht für geringste Eingangsmeßspannungen aus (etwa 5 mV am 600-Ω-Eingang). *-ger*





Reinigen des Magnettongerätes BG 19—2

Durch längeres Offenstehen des Gerätes verschmutzt das Chassis stark durch Staub, besonders an der oberen Ölstelle des Motors und zwischen der Gummiandruckrolle und der rechten Führungsrolle. Die in der Werkstatt üblichen Reinigungsmittel greifen den Lack an; sie sind also nicht verwendbar. Als geeignetes Mittel habe ich 60prozentige Essigessenz ausprobiert. Diese beschädigt weder den Lackanstrich des Gerätes noch die Beschriftungsschildchen. Mit einem mit der Essenz getränkten Leinenlappen läßt sich aller Schmutz gut entfernen. Nach der gleichen Methode kann man den Koffer des Gerätes behandeln.

Man muß allerdings achtgeben, daß die Fingerspitzen nicht mit der starken Essenz in Berührung kommen, da sonst leicht eine Beschädigung der Haut eintreten kann.

Werner Voigt, Wittenberg-Piesteritz

Verbesserung des Anlaufes bei Magnettonbandgeräten

Die besonders im Winter durch die größere Belastung oft auftretende Unterspannung unseres Lichtnetzes hat zur Folge, daß zum Beispiel Magnettonbandgeräte schlecht anlaufen bzw. jaulen. Hervorgerufen wird dieser unangenehme Effekt dadurch, daß die Tonmotoren, wobei es sich meist um Synchronmotoren handelt, nicht in Tritt kommen. Das heißt, der Anker des Motors kommt nicht auf die richtige Drehzahl und pendelt, so daß er fast ruckweise läuft und diese Erscheinung verursacht. Man hilft sich oft durch Entlasten des Motors und Abheben der Andruckrolle. Diese Maßnahme führt aber oft zu Ärger, vor allem wenn man bei einer Aufnahme gleich startbereit sein will. Außerdem sind dies unerfreuliche Mehrarbeiten, die sich auf verhältnismäßig einfache Weise vermeiden lassen. Die Anschaffung eines Spannungsregelgerätes ist oft aus finanziellen Gründen nicht möglich. Deshalb soll hier ein verhältnismäßig einfacher und billiger Weg gezeigt werden, diesen Fehler zu beseitigen.

Bekanntlich arbeiten diese Motoren mit einer Hilfsphase, die durch einen Phasenkondensator erzeugt wird. Dieser Kondensator hat zum Beispiel bei dem Magnettonmotor vom VEM Hartha eine Kapazität von 1 μF. Vergrößert man diesen Kondensator, so wird der Strom in der Hilfsphase größer, und der Motor läuft auch unter ungünstigen Bedingungen an. Da aber der erhöhte Strom die Wicklung beschädigen, außerdem das Streufeld des Motors dadurch vergrößert werden würde, darf dieser nur kurzzeitig, also im Anlaufmoment eingeschaltet werden. Man bringt am Magnettonbandgerät eine Drucktaste an, die man bei nicht einwandfreiem Anlauf drückt. Sobald der Motor die richtige Tourenzahl erreicht hat, läßt man die Taste los. Besonders vorteilhaft ist es, den Motor noch mit einem Fliehkraftschalter zu versehen, der den Zusatzkondensator bei Erreichen der Nennumdrehungszahl automatisch abschaltet.

Vielleicht ist es der Industrie möglich, in Zukunft für diesen Zweck auch Motoren mit einem eingebauten Fliehkraftschalter zu liefern. Der Kondensator, der mit der Taste oder dem Schalter dem eingebauten Kondensator parallel geschaltet wird, soll etwa 50 bis 70% größer als dieser sein. Dabei ist auf die nötige Betriebsspannung zu achten.

Auf diese Art läßt sich die Anlaufstörung restlos beseitigen, ohne daß dabei der Motor über die Maßen belastet wird. Mit diesem Hinweis konnte ich schon vielen Besitzern von Magnettonbandgeräten helfen, ohne daß übermäßige Kosten verursacht wurden.

Ing. Rolf Lauterbach, Dresden

Antrieb des Plattentellers beim 3-Geschwindigkeiten-Chassis H 13-50

Großer Beliebtheit erfreut sich bei den Schallplattenfreunden das aus der CSR importierte 3-Geschwindigkeiten-Chassis H 13-50 [siehe DEUTSCHE FUNK-TECHNIK Nr. 7 (1953) Seite 195].

Der Antrieb des Plattentellers erfolgt bei diesem Plattenspieler von der Stufenscheibe des Motors aus über ein Reibrad auf den Innenrand des Tellers. Wird nun der Plattenspieler längere Zeit nicht benutzt, so erfährt das Gummireibrad an den augenblicklichen Berührungspunkten eine Deformierung, die sich bei späterer Inbetriebnahme als Rumpeln auswirkt. Um diesen Übelstand von vornherein zu vermeiden, muß das Reibrad bei längeren Spielpausen in eine Stellung gebracht werden, in der es weder an dem Plattenteller noch an der Motorachse anliegt.

Dies läßt sich sehr einfach erreichen, wenn man am Geschwindigkeitswahlschalter, zwischen der Stellung 78 U und 45 U, eine vierte Stellung — Pausenstellung — einführt. Um ein ungewolltes Zurück- oder Weiterspringen des Schalters zu verhindern, wird auf der Kurvenbahn der Schaltwalze an dieser Stelle eine kleine Senkung (3 mm ∅, 1 mm tief) angebracht, so daß der Stift, der die Höhenführung des Reibrades betätigt, leicht einrasten kann.

Die Stellung zwischen 78 und 45 Umdrehungen als Pausenstellung ist insofern günstig, als man von der sicher meistbenutzten 78-U-Raste leicht auf die Pausenstellung und zurück schalten kann, ohne erst alle Geschwindigkeiten durchschalten zu müssen.

Interessant ist die Feststellung, daß bereits deformierte Reibräder nach Benutzung der Ruhestellung wieder ihre ursprüngliche Form annahmen.

Bei so abgeänderten Chassis konnten bisher keine Mängel wieder festgestellt werden.

Jo Flach, Zittau

Funkfernsteuerung von Flugmodellen

Im Zusammenhang mit der in diesem Heft beschriebenen Fernsteuereinrichtung möchte ich im Namen aller Kameraden der Gesellschaft für Sport und Technik die Rundfunkwerkstätten und den Fachhandel bitten, in ihren Lagern nach den im folgenden aufgeführten Teilen zu suchen. Beschreibungen oder Muster können direkt an mich gesandt werden, da ich ehrenamtlich die Materialversorgung innerhalb der GST übernommen habe und ständig Anfragen nach Spezialteilen an mich gerichtet werden. Ich kann dann die Kameraden dorthin verweisen, wo das entsprechende Teil vorhanden ist.

Gebraucht werden (auch kleine Mengen oder Einzelstücke):

1. Zerhackeraggregate mit WGl 2,4 a komplett aus Wehrmachtsbeständen;
2. Zerhackeraggregate 6 V;
3. Zerhackerpatronen 2,4 V und 6 V;
4. Lufttrimmer jeder Ausführung bis 50 pF;
5. Spulenkörper keramisch 20 mm ∅;
6. Spulenkörper Trolitul ohne Kern, 10 mm ∅;
7. Wehrmachtsröhren RL 2,4 T 4,
RL 2,4 T 1,
LS 2,
RL 2,4 P 2,
RL 1 P 2;
8. Stabantennen, ausziehbar oder zusammensteckbar 2700 mm lang;
9. Umformer 6 V/250 V;
10. Schwingquarze 13560 kHz, 27120 kHz;
11. Relais: Polarisierte Ausführung, zum Beispiel T.rls 64 a und b, und sonstige Relais (möglichst klein und leicht);
12. Magnetspulen 20 bis 50 Ω, möglichst klein, mit Anker.

Weiterhin wäre es gut, wenn sich geeignete Firmen mit der Herstellung solcher Spezialteile, wie Rudermaschinen, Bausätze für Sender, Relais, Stabantennen usw. im Rahmen der Herstellung von Massenbedarfsartikeln befassen würden. Zur entsprechenden Beratung steht das Kollektiv der Fernsteuerer in der Gesellschaft für Sport und Technik zur Verfügung.

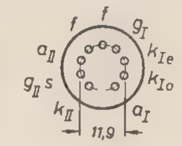
Auf jeden Fall haben die bisherigen Erfolge gezeigt, daß es möglich ist, mit den in der Deutschen Demokratischen Republik hergestellten oder vorhandenen Teilen einwandfreie Steueranlagen zu bauen. Wenn alle mithelfen, werden wir bald den Anschluß an den internationalen Stand der Fernsteuertechnik erreicht haben.

Hans-Joachim Lehne, Magdeburg
Zielitzer Str. 43

RÖHRENINFORMATION PCC 84

bearbeitet von Ing. Fritz Kunze

Maximale Kolbenabmessungen



Anschluß der Sockelstifte, von unten gegen die Stifte gesehen

Hersteller

VEB Werk für Fernmeldewesen „WF", HV-RFT.

Aufbau

Miniaturröhre mit neun Stiften (Noval). Zwei Triodensysteme mit getrennten Katoden sind senkrecht nebeneinander auf einem Preßteller aufgebaut. Beide Systeme sind gegeneinander abgeschirmt; die Abschirmung ist innerhalb des Kolbens mit dem Gitter des zweiten Systems verbunden. Die Katode des ersten Systems ist zweimal herausgeführt.

Verwendung

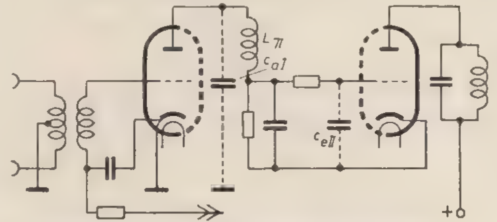
Steile Zweifachtriode für UHF-Kaskodeschaltungen in Fernsehempfängern bis zu Frequenzen von 220 MHz. Das System I wird als Katodenbasisstufe, das System II als Gitterbasisstufe verwendet. Der Katodenanschluß k_{Ie} soll mit dem Eingangskreis verbunden werden, der Anschluß k_{Ia} mit der Ausgangsschaltung oder mit Erde (Masse). Durch die Abschirmung sind beide Systeme wirksam entkoppelt, so daß man ohne Schwierigkeiten eine symmetrische Durchlaßkurve erhält, die auch symmetrisch bleibt, wenn die Eingangsstufe geregelt wird.

Die PCC 84 ist für einen Betrieb mit niedriger Anodenspannung entwickelt worden. Bei $U_a = 90$ V erhält man eine Steilheit von 6 mA/V. Man kann infolgedessen beide Systeme ohne Zwischenschaltung eines Kondensators direkt hintereinanderschalten. Bei direkter Ankopplung des Eingangs (Katode) der GB-Stufe an den Ausgang (Anode) der vorhergehenden KB-Stufe bewirken die Kapazitäten c_{aI} und c_{eII} eine Verstärkungsminderung bei hohen Frequenzen. Um den schädlichen Einfluß der Kapazitäten zu kompensieren, muß eine Induktivität L_π dazwischen geschaltet werden. Diese Induktivität mit dem Verlustwiderstand r_L bildet zusammen mit $R_{i\,I} \,\Big\|\, \frac{1}{\omega\, c_{a\,I}}$ und $r_{e\,II} \,\Big\|\, \frac{1}{\omega\, c_{e\,II}}$ ein π-Glied (siehe Ersatzschaltbild). Eine solche Schaltung mit einem π-Glied besitzt in der Praxis keine Schwingneigung, da sie sehr stark gedämpft ist, so daß sich eine Neutralisation erübrigt. Eine Neutralisation über den ganzen Frequenzbereich der 10 Fernsehkanäle von 48 MHz bis 223 MHz läßt sich doch kaum durchführen. Das π-Glied wird in erster Linie durch $r_{e\,II} \approx \frac{1}{S}$ stark gedämpft. Damit ist $R_{a\,I}$ sehr niedrig, und die KB-Stufe trägt fast nichts zur Verstärkung bei.

Durch das π-Glied wird die Rauschzahl niedriger und die Verstärkung etwas höher als bei direkter Kopplung allein. Ersetzt man das π-Glied durch ein Bandfilter, wird die Rauschzahl noch niedriger. Die Rauschzahlen der GB-Stufe und der KB-Stufe addieren sich.

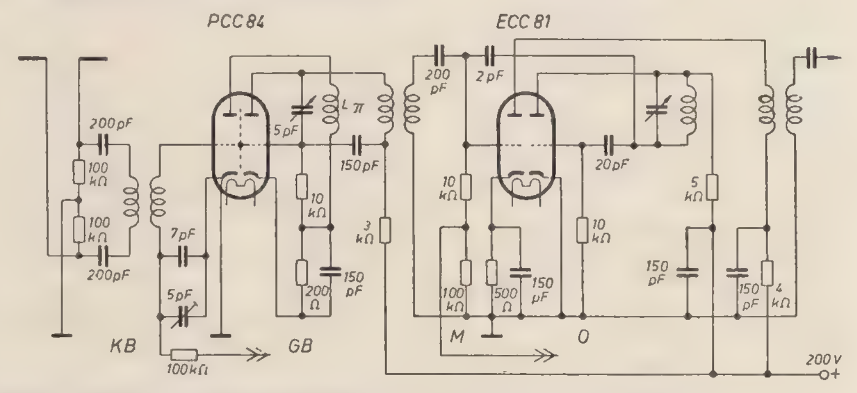
Die Mischstufe ist im allgemeinen über ein Bandfilter von ≈ 9 MHz Bandbreite an die Kaskodestufe angekoppelt. Der Übertragungswiderstand des Bandfilters ist von der Größe des Eingangswiderstandes der Mischstufe abhängig. Damit ist die Spannungsverstärkung der GB-Stufe der Wurzel aus dem Eingangswiderstand der Mischstufe proportional. Hierdurch ergibt sich die Forderung nach einem möglichst hohen Eingangswiderstand der Mischstufe. Derselbe beträgt bei additiver Mischung:

Röhrentyp bei f =	200 MHz	100 MHz	50 MHz	
EC 92, UC 92, ECC 81 . . etwa	2,5	10	40	kΩ
ECC 85, PCC 85 . . . . . . etwa	3,75	15	60	kΩ
ECH 81, UCH 81 . . . . . . etwa	1,25	5	20	kΩ
PCF 82 . . . . etwa	2,5	10	40	kΩ

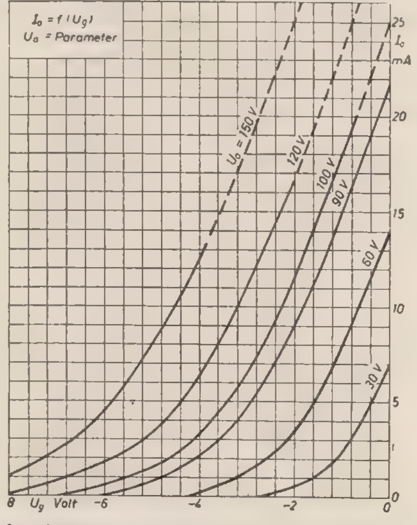


Prinzipschaltung mit π-Glied als Kopplung

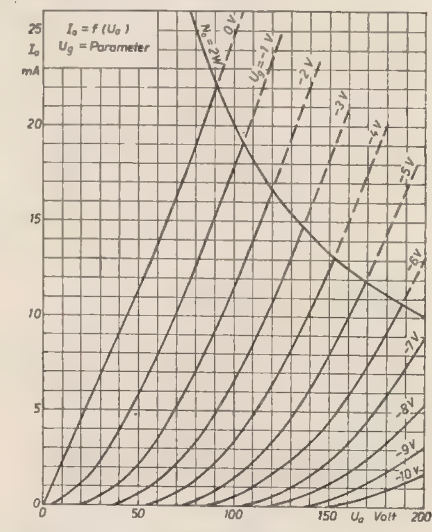
Ersatzschaltbild



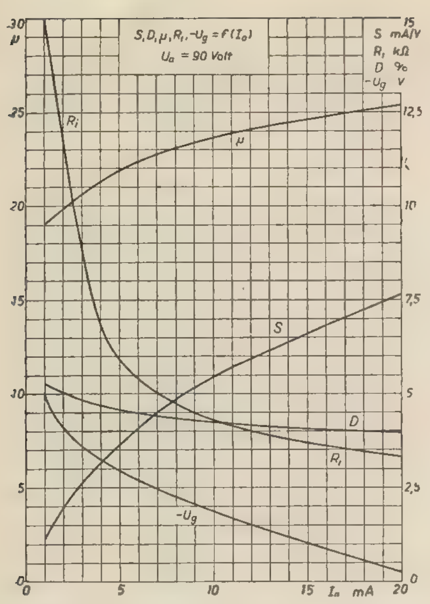
Kaskodeschaltung der PCC 84, Mischung mit der ECC 81 (fremderregt)



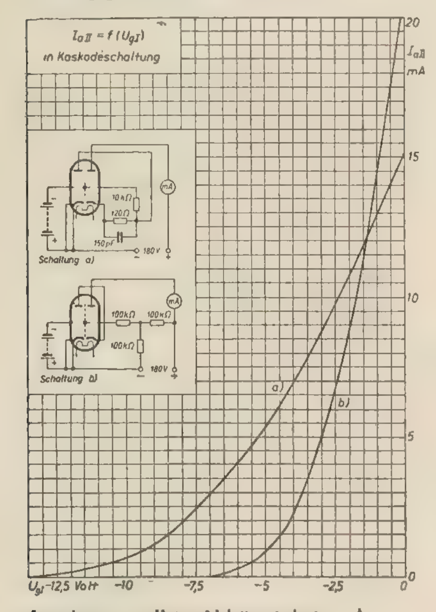
Anodenstrom in Abhängigkeit von der Gittervorspannung



Anodenstrom in Abhängigkeit von der Anodenspannung



Steilheit, Verstärkungsfaktor, Durchgriff, Innenwiderstand und Gittervorspannung in Abhängigkeit vom Anodenstrom



Anodenstrom II in Abhängigkeit von der Gittervorspannung I ↑

Paralleltypen

Die PCC 84 ist eine Weiterentwicklung der amerikanischen Röhren 6 BQ 7 und 6 BK 7. Die amerikanische Bezeichnung für die PCC 84 ist 7 AN 7. Die ECC 84 ist eine PCC 84 mit $U_f = 6{,}3$ V.

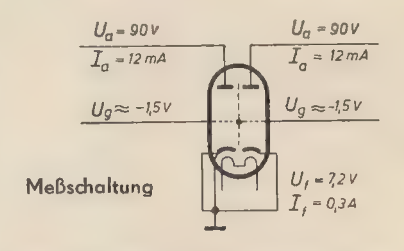
Heizung

Indirekt geheizte Oxydkatode. Allstromheizung, Serienspeisung.

Heizspannung	U_f	7,2	V
Heizstrom	I_f	0,3	A

Meßwerte je System

Anodenspannung	U_a	90	V
Gittervorspannung	U_g	−1,5	V
Anodenstrom	I_a	12	mA
Steilheit	S	6	mA/V
Verstärkungsfaktor	μ	24	
Innenwiderstand	R_i	4	kΩ



Meßschaltung

Betriebswerte bei Kaskodeschaltung

Eingangswiderstand		
bei f = 200 MHz	r_{el}	4 kΩ
bei f = 100 MHz	r_{el}	16 kΩ
bei f = 50 MHz	r_{el}	64 kΩ
Rauschzahl	F	6,5

Kapazitäten, ohne äußere Abschirmung

System I (für KB-Schaltung)

Eingang	c_g	ca. 2,3	pF
Ausgang	$c_{a/k+f}$	ca. 0,5	pF
Gitter—Anode	$c_{g/a}$	ca. 1,1	pF
Gitter—Faden	$c_{g/f}$	ca. 0,25	pF

System II (für GB-Schaltung)

Katode-Gitter + Faden	$c_{k/g+s+f}$	ca. 4,5	pF
Katode—Faden	$c_{k/f}$	ca. 2,5	pF
Anode—Katode	$c_{a/k}$	ca. 0,1	pF
Anode—Gitter	$c_{a/g+s}$	ca. 2,3	pF
Anode-Gitter + Faden	$c_{a/g+s+f}$	ca. 2,5	pF

Beide Systeme gegeneinander

Gitter I—Anode II	$c_{gI/aII}$	ca. 0,006	pF
Anode I—Anode II	$c_{aI/aII}$	ca. 0,035	pF
Anode I—Katode I + Faden + Gitter II	$c_{aI/kI+f+gII+s}$	ca. 1,2	pF

Grenzwerte je System

Anodenkaltspannung	$U_{aL\,max}$	550	V
Anodenspannung	$U_{a\,max}$	180	V
Anodenbelastung	$N_{a\,max}$	2	W
Katodenstrom	$I_{k\,max}$	18	mA
Äußerer Widerstand zwischen Faden und Katode	$R_{f/k\,max}$	20	kΩ

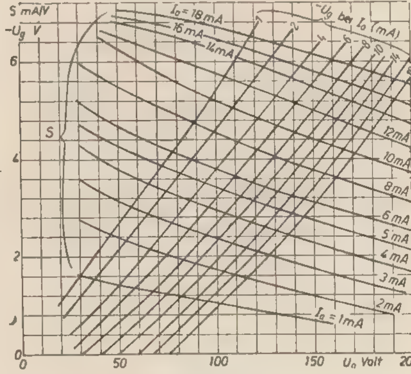
Besondere Grenzwerte für das System I

Gitterableitwiderstand	$R_{g\,I\,max}$	0,5	MΩ
Spannung zwischen Faden und Katode	$U_{f/k\,I\,max}$	90	V

Besondere Grenzwerte für das System II

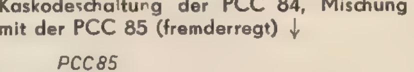
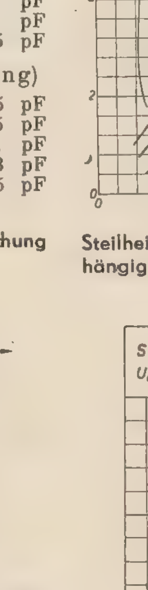
Gitterableitwiderstand bei $R_k \geq 100\ \Omega$[1]	$R_{g\,II(k)max}$	20	kΩ
U_g vom Spannungsteiler zwischen $+U_b$ und Erde abgenommen	$R_{g\,II(f)max}$	100	kΩ
Spannung zwischen Faden und Katode	$U_{-f/+k\,max}$	250[2]	V
	$U_{+f/-k\,max}$	90	V

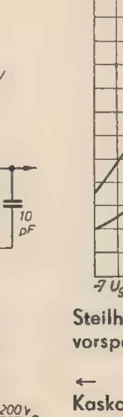
[1]) Kapazitiv überbrückt.
[2]) Gleichspannungsanteil maximal 180 V.

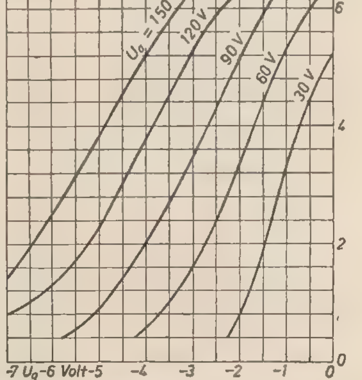


Steilheit und Gittervorspannung in Abhängigkeit von der Anodenspannung

Kaskodeschaltung der PCC 84, Mischung mit der PCC 85 (fremderregt) ↓





Steilheit in Abhängigkeit von der Gittervorspannung

←
Kaskodeschaltung der PCC 84, Mischung mit der PCF 82 (fremderregt)

LEHRGANG FUNKTECHNIK

Hörrundfunk

30. Fortsetzung

Von Dipl.-Ing. A RASCHKOWITSCH

Diese Erscheinung entsteht durch die Sekundäremission der Anode. Sie ist in der Verstärkertechnik ein Störeffekt und wird normalerweise durch das Einführen des Bremsgitters vermieden. Das Dynatron beruht jedoch auf diesem Effekt; hier ist die Schirmgitterspannung (U_{g2}) viel größer als die Anodenspannung (U_a). Neben dieser Bedingung muß zur Erzielung einer Selbsterregung der Resonanzwiderstand des Parallelschwingungskreises Z_a gleich oder größer sein als der durch die Röhre dargestellte negative Widerstand R_i'. Die Schwingungsamplitude kann einfach durch die Gittervorspannung (U_g) geregelt werden.

Der Hauptvorteil dieses Oszillators liegt im einfachen Schaltungsaufbau. Einen Nachteil verursacht allerdings die im Laufe der Zeit stark schwankende Sekundäremission der Röhren und der sehr geringe Wirkungsgrad der Schaltung. Dieser ist durch die verhältnismäßig geringe Sekundärelektronenzahl bedingt.

Diese Nachteile werden vom Transitron (Bild 351b) vermieden, da seine Wirkungsweise nicht auf Sekundäremission beruht. Die fallende Kennlinie wird hier durch eine negative Vorspannung des Bremsgitters erzielt. Dadurch werden Elektronen, die das Schirmgitter bereits durchflogen haben, und die sich auf die Anode zu bewegen, abgebremst. Sie kehren wegen der höheren Schirmgitterspannung wieder zum Schirmgitter zurück und vergrößern den Schirmgitterstrom. Dieser Effekt wird von der RC-Kombination unterstützt. Das Schirmgitter ist über die Kopplungskapazität C mit dem Bremsgitter wechselstrommäßig verbunden, so daß die Schwingkreisspannung das Bremsgitter steuert. Sinkt die Schirmgitterspannung, wird sie negativer, so wird auch das Bremsgitter negativer, und der Schirmgitterstrom nimmt zu. Die Abnahme des Schirmgitterstromes infolge der kleineren Schirmgitterspannung kann bei richtiger Dimensionierung der Schaltung vernachlässigt werden. Man erhält so eine in gewissen Grenzen fallende Schirmgitterstrom-Schirmgitterspannungs-Kennlinie. Das eigentliche Steuergitter kann mit der Katode verbunden werden oder in üblicher Weise zur Arbeitspunkteinstellung dienen.

Man kann mit Dynatron- und Transitronschaltungen sinusförmige Schwingungen hoher Frequenzkonstanz bis zu 60 MHz erzeugen.

Prinzipiell kann das Dynatron auch mit einer Triode geschaltet werden, wenn man dem Steuergitter eine genügend hohe positive Vorspannung erteilt. Ebenfalls kann die Transitronschaltung mit einer Tetrode realisiert werden, wenn man den Schwingungskreis an das Steuergitter legt und dem Schirmgitter eine negative Vorspannung erteilt.

Schaltungsbeispiele

In den Bildern 352 bis 354 sind drei praktisch angewendete Oszillatorschaltungen wiedergegeben. Der Colpittsoszillator nach Bild 352 überstreicht einen Frequenzbereich von etwa 3,5 bis 4,0 MHz, sein L/C-Verhältnis beträgt im Mittel $7{,}5 \cdot 10^4$. Die Gitterkombination hat die üblichen Werte. In die Gitterleitung fügt man zweckmäßigerweise ebenfalls eine HF-Drossel ein. Die HF-Schwingung wird vom Gitter über einen 80-pF-Kondensator ausgekoppelt. Alle Festkondensatoren müssen Keramikkondensatoren mit sehr geringem Temperaturkoeffizienten sein.

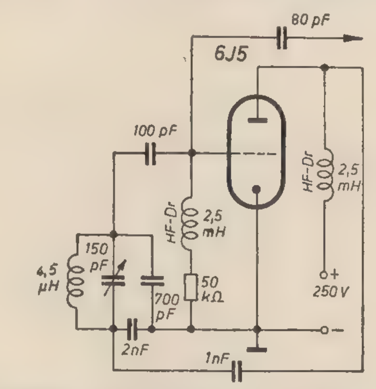


Bild 352: Colpittsoszillator für 3,5 MHz

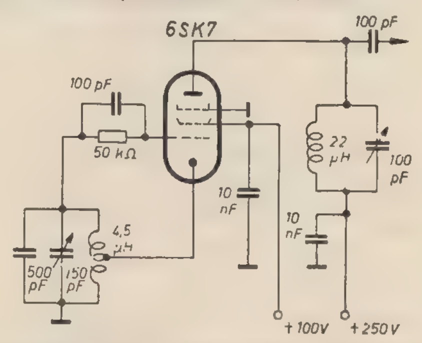


Bild 353: ECO-Schaltung mit Hartleyoszillator für 3,5 MHz

Die ECO-Schaltung nach Bild 353 arbeitet mit einem Hartleyoszillator, dessen Schwingungskreis etwa die gleichen Daten hat wie die Colpittsschaltung. Die Spulenanzapfung liegt bei L/3 = 1,5 µH vom geerdeten Spulenende. Der Anodenschwingungskreis hat ein hohes L/C-Verhältnis von 10^6. Dadurch wird eine gute Resonanzüberhöhung erzielt und die HF-Spannung angehoben. Die Auskopplung erfolgt kapazitiv.

Der kristallgesteuerte Oszillator nach Bild 354 ist mit einer Endröhre bestückt. Die Schaltung liefert mit geeigneten Kristallen HF-Leistungen von 10 W. Die Rückkopplung ist bei Schaltungen mit Endpentoden verhältnismäßig lose ($c_{g/a} < 1$ pF). Sie reicht jedoch aus, da wegen der höheren Steilheit dieser Röhren eine geringere Steuerspannung als bei Trioden benötigt wird.

Bild 354: Pierceoszillator für 7,0 MHz

8. Modulation, Mischung, Überlagerung

Modulationsarten

Unter Modulation versteht man im allgemeinen die Beeinflussung einer Schwingung durch eine andere. Das Wort „modulieren“ ist mit dem Wort „modellieren“ verwandt. Es wird sozusagen eine Schwingung durch eine andere modelliert, geformt. Dadurch entsteht eine Frequenzumsetzung oder Frequenzwandlung, die in der Sendetechnik im wesentlichen aus zwei Gründen vorgenommen wird:

1. Eine direkte Ausstrahlung der Tonfrequenzen ist wegen der geringen Reichweite niedriger Frequenzen nicht möglich.
2. Strahlen alle Sender das gleiche Tonfrequenzband aus, so müssen sie sich gegenseitig stören.

Durch Modulation wird eine tonfrequente Schwingung mit einer hochfrequenten Schwingung, der Trägerschwingung, auf eine besondere Weise verbunden und damit in Hochfrequenz umgesetzt.

Eine hochfrequente Trägerschwingung, zum Beispiel die Spannung u, kann durch folgenden Ausdruck dargestellt werden [vgl. DEUTSCHE FUNK-TECHNIK Nr. 1 (1952) S. 30]:

$$u = \hat{u}_{tr} \cos(\varphi_0 + \omega_{tr} t). \qquad (169)$$

Darin bedeutet:

u	den Augenblickswert der Trägerspannung,
$\hat{u}_{tr}$	die Trägeramplitude ($\mathfrak{U}_{tr}$),
$\varphi = \varphi_0 + \omega_{tr} t$	den Phasenwinkel (Phase),
φ_0	den Nullphasenwinkel (Phasenwinkel für t = 0),
t	die Zeit,
f_{tr}	die Trägerfrequenz,
$\omega_{tr} = 2\pi f_{tr}$	die Kreisfrequenz.

Je nachdem, welche Größe durch die tonfrequente Modulationsschwingung beeinflußt wird, unterscheidet man:

1. Amplitudenmodulation (AM), beeinflußt wird $\hat{u}_{tr}$;
2. Frequenzmodulation (FM), beeinflußt wird f_{tr} (bzw. ω_{tr});
3. Phasenmodulation (PM), beeinflußt wird φ_0 bzw. φ;
4. Zeitmodulation (ZM), beeinflußt wird t.

Am häufigsten wird die Amplitudenund neuerdings auch die Frequenzmodulation verwendet. Die Phasenmodulation, im wesentlichen eine Abart der Frequenzmodulation, wird nur selten, und zwar bei kommerziellen Funkanlagen, angewendet. Eine Abart der Zeitmodulation stellt die Impulsmodulation dar, die für Telefoniezwecke bei Trägerfrequenzanlagen in Verbindung mit der Phasenmodulation als Puls-Phasenmodulation (PPM) Anwendung findet.

Im Bild 355 sind die verschiedenen Modulationsarten dargestellt. Bei Amplitudenmodulation (Bild 355c) wird die Trägeramplitude im Takte der Modulationsfrequenz beeinflußt, während Frequenz und Phase konstant bleiben. Die Leistung der positiven Modulationsspitzen wird als Oberstrichleistung bezeichnet, die reine Trägerleistung im unmodulierten Zustand als Strichleistung. Die Frequenz- bzw. Phasenmodulation verhält sich grundverschieden (vgl. Bild 355d). Bei dieser Modulationsart bleibt die Trägeramplitude konstant, während die Frequenz bzw. die Phase im Takte der Modulationsschwingung beeinflußt wird. Die Zeitmodulation (Bild 353e) kann auch als Sonderfall der Amplitudenmodulation angesprochen werden, wobei die Amplitude plötzlich Null wird, das heißt aussetzt (Tastung).

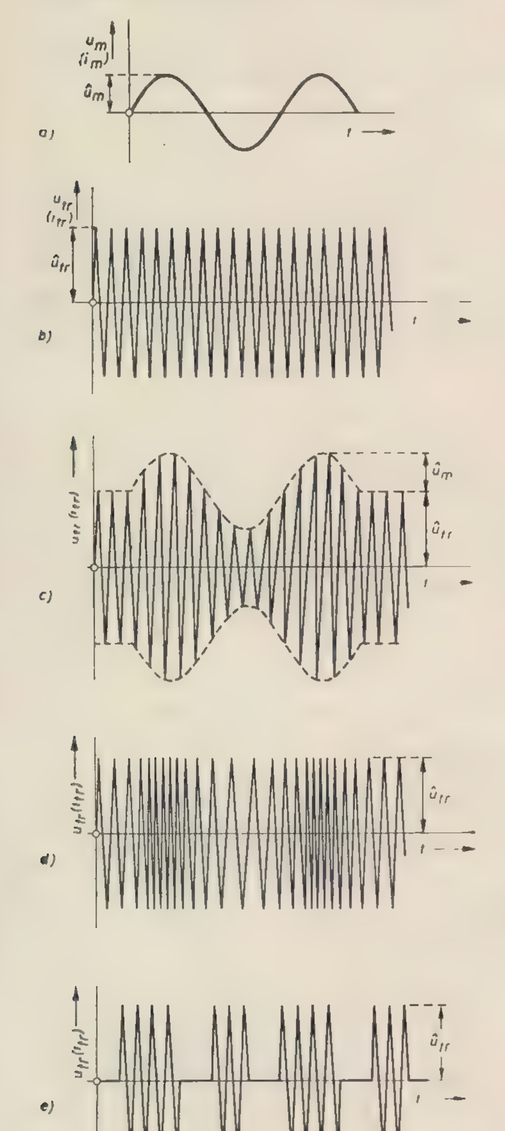



Bild 355: Zeitlicher Verlauf modulierter Schwingungen
a) Modulationsschwingung
b) Trägerschwingung
c) Amplitutenmodulation
d) Frequenz- bzw. Phasenmodulation
e) Zeitmodulation (Tastung)

Amplitudenmodulation[1])

Nach Bild 355c gilt für die Spannungsamplitude einer amplitudenmodulierten Trägerschwingung:

$$\hat{u}_{tr}' = \hat{u}_{tr} + \hat{u}_m \cos \omega_m t. \quad (170)$$

Dabei bedeutet der Ausdruck $\hat{u}_m \cos \omega_m t$ die tonfrequente Modulationsschwingung (in diesem Sonderfall sinusförmig).

Setzen wir den obigen Ausdruck in Gleichung (169) ein und vernachlässigen wir den Nullphasenwinkel, so gilt:

$$u = \hat{u}_{tr}' \cos \omega_{tr} t = (\hat{u}_{tr} + \hat{u}_m \cos \omega_m t) \cos \omega_{tr} t. \quad (171)$$

Ein Maß für die Modulation ist offensichtlich das Verhältnis der Modulationsamplitude zur Trägeramplitude. Dieses Verhältnis stellt den sogenannten Modulationsgrad m dar:

$$m = \frac{\hat{u}_m}{\hat{u}_{tr}} \leq 1. \quad (172)$$

Die Modulationsamplitude wird auch recht anschaulich als Amplitudenhub der modulierten Trägerschwingung bezeichnet.

Führen wir den Modulationsgrad m in Gleichung (172) ein, so ist:

$$u = \hat{u}_{tr} (1 + m \cos \omega_m t) \cos \omega_{tr} t \quad (173)$$

oder

$$u = \hat{u}_{tr} (\cos \omega_{tr} t + m \cos \omega_{tr} t \cos \omega_m t) \quad (173a)$$

Der obige Ausdruck[2]) zeigt, daß bei Modulation die Modulationsschwingung (ω_m) mit der Trägerschwingung (ω_{tr}) multiplikativ verknüpft wird. Eine einfache Überlagerung der hochfrequenten und niederfrequenten Schwingung führt daher nicht zur Modulation.

Entwickeln wir das Produkt $\cos \omega_{tr} t \cdot \cos \omega_m t$ nach der bekannten trigonometrischen Umformung

$$\cos \omega_{tr} t \cos \omega_m t = \frac{1}{2} \cos (\omega_{tr} + \omega_m) t + \frac{1}{2} \cos (\omega_{tr} - \omega_m) t, \quad (174)$$

so gilt schließlich für die modulierte Trägerschwingung:

$$u = \hat{u}_{tr} \cos \omega_{tr} t + \frac{\hat{u}_{tr} m}{2} \cos (\omega_{tr} + \omega_m) t + \frac{\hat{u}_{tr} m}{2} \cos (\omega_{tr} - \omega_m) t. \quad (175)$$

Nach dieser Gleichung läßt sich die amplitudenmodulierte Schwingung in drei Schwingungen mit den Frequenzen ω_{tr}, $\omega_{tr} + \omega_m$ und $\omega_{tr} - \omega_m$ zerlegen [vgl. DEUTSCHE FUNK-TECHNIK Nr. 4 (1953) S. 123]. Das Auftreten dieser Frequenzen ist für die Modulation charakteristisch. Man kann also die amplitudenmodulierte Schwingung entweder als eine Schwingung konstanter Frequenz und veränderlicher Amplitude oder aber nach Gleichung (175) als Summe dreier Schwingungen verschiedener Frequenz und konstanter Amplitude auffassen.

Die Schwingung mit der Frequenz $\omega_{tr} - \omega_m$ bzw. $f_{tr} - f_m$ wird als „untere" und die Schwingung $\omega_{tr} + \omega_m$ bzw. $f_{tr} + f_m$ als die „obere" Seitenschwingung bezeichnet. Für die Amplituden der Seitenschwingungen gilt nach Gleichung (175) und (172):

$$\frac{\hat{u}_{tr} m}{2} = \frac{\hat{u}_{tr} \hat{u}_m}{2 \hat{u}_{tr}} = \frac{\hat{u}_m}{2}. \quad (176)$$

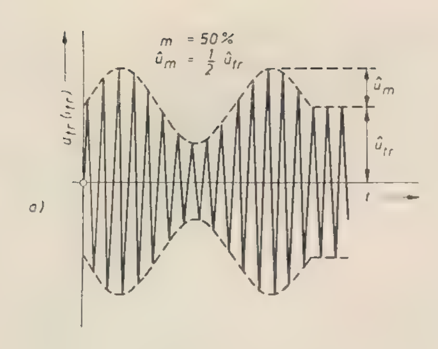
Sie sind von der Modulationsfrequenz unabhängig. Mit steigendem Modulationsgrad steigt auch die Amplitude der Seitenschwingungen.

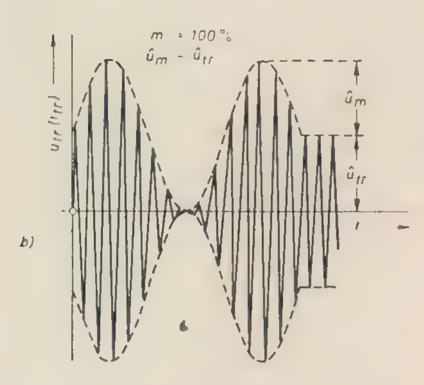
Man kann allerdings den Modulationsgrad nicht größer als 1 (entspr. 100%) machen, da bei Übermodulation ($m > 100\%$) die Trägerschwingungen zeitweise abgeschnitten werden, wodurch starke Verzerrungen entstehen (vgl. Bild 356c). Um Verzerrungen durch Übermodulation zu vermeiden, darf der Modulationsgrad bei den stärksten Tönen 100% nicht überschreiten; dann schwankt die Trägeramplitude zwischen Null und dem doppelten Ruhewert (Bild 356b). Bei leisen und mittelstarken Tönen ist der Modulationsgrad entsprechend geringer. Da die Energie der Seitenbänder und damit die Reichweite der modulierten Schwingung um so größer wird, je größer der Modulationsgrad ist, arbeitet man bei Telefoniebetrieb mit einem mittleren Modulationsgrad m = 80 bis 90%. Die Verzerrungen stärkerer Töne nimmt man dabei in Kauf oder begrenzt deren Amplituden (Dynamikeinengung). Bei Musikübertragungen wird meist ein mittlerer Modulationsgrad von m = 50 bis 60% nicht überschritten.

Im Bild 357a sind die drei Teilschwingungen einer zu 50% amplitudenmodulierten Schwingung dargestellt. Wie das Frequenzspektrum zeigt, sind die beiden Seitenschwingungen gleichphasig mit der Trägerschwingung. Ihre Amplituden betragen $\frac{m}{2} = 0{,}25 \triangleq 25\%$ der Trägeramplitude. Erfolgt die Modulation durch ein ganzes Frequenzband (zum Beispiel 50 bis 5000 Hz; Sprache, Musik), so entstehen statt der Seitenschwingungen ganze Seitenbänder (vgl. Bild 357b). Da die Amplituden der einzelnen Seitenschwingungen von der Modulationsfrequenz unabhängig sind, erhält man — bei gleicher Lautstärke der Tonfrequenzen —

[1]) Vgl. auch O. Henkler, Überlagerung und Modulation. DEUTSCHE FUNK-TECHNIK Nr. 6 (1953) S. 176.

[2]) Ähnliche Gleichungen gelten auch für den Trägerstrom.





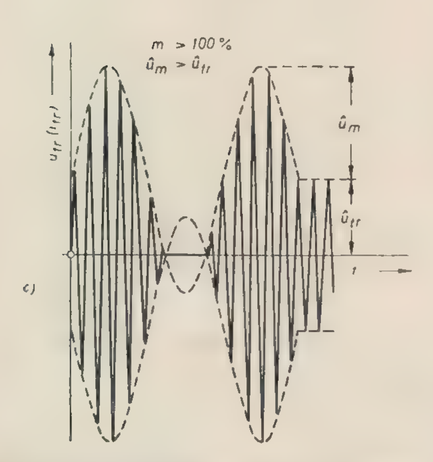


Bild 356: Amplitudenmodulierte Schwingungen
a) 50 % moduliert
b) 100 % moduliert
c) Übermodulation

ein sogenanntes Rechteckspektrum der Seitenbänder. Entsprechend Gleichung (175) erscheint das in die Hochfrequenz umgesetzte Modulationsband $f_{tr} + f_m$ in „Regelfolge", das heißt die Folge der umgesetzten Frequenzen entspricht der Folge der Modulationsfrequenzen. Das untere Seitenband $f_{tr} - f_m$ tritt in „Kehrfolge" auf. Nach Bild 357 b ist die Gesamtbreite der Seitenbänder $2 \cdot 5000$ Hz = 10000 Hz, das heißt, die Breite des Übertragungskanals ist durch den doppelten Betrag der höchsten Modulationsfrequenz bestimmt.

Da das zu übertragende Modulationsband (Nachricht) in jedem der beiden Seitenbänder enthalten ist, genügt es unter Umständen, nur ein Seitenband zu übertragen und das andere durch Siebschaltungen zu unterdrücken. Dieses sogenannte Einseitenbandverfahren wird wegen des erhöhten Aufwandes nur selten in der Funktechnik angewendet [vgl. DEUTSCHE FUNK-TECHNIK Nr. 4 (1953) S. 123]. Das Hauptanwendungsgebiet dieses Verfahrens ist die Trägerfrequenztechnik der modernen Fernsprechübermittlung.

Die Leistung einer amplitudenmodulierten Schwingung

Für die Trägerleistung erhalten wir entsprechend Gleichung (48) [DEUTSCHE FUNK-TECHNIK Nr. 12 (1953) S. 379]:

$$\mathfrak{N}_{tr} = \frac{\mathfrak{U}_{tr} \cdot \mathfrak{J}_{tr}}{2} = \frac{\hat{u}_{tr} \cdot \hat{i}_{tr}}{2} \quad (177)$$

und für die Leistung der beiden Seitenschwingungen entsprechend Gleichung (176):

$$\mathfrak{N}_s = 2\left(\frac{m}{2}\right)^2 \frac{\mathfrak{U}_{tr}\mathfrak{J}_{tr}}{2} = \frac{m^2}{2}\mathfrak{N}_{tr}. \quad (178)$$

Damit ergibt sich für die mittlere Gesamtleistung des durch eine Modulationsschwingung amplitudenmodulierten Trägers:

$$\mathfrak{N}_{tr\,m} = \mathfrak{N}_{tr} + \mathfrak{N}_s = \mathfrak{N}_{tr}\left(1 + \frac{m^2}{2}\right). \quad (179)$$

Die Energie der Seitenbänder wird je nach Modulationsverfahren von der Trägergleichstromquelle (Gitterspannungsmodulation) oder vom Modulationsverstärker (Anodenspannungsmodulation) geliefert. Bei sinusförmiger 100%-Modulation schwankt die HF-Leistung zwischen 50% und 150% der unmodulierten Trägerleistung.

Für den Wirkungsgrad der Modulation erhalten wir, wenn mit N_{tr} die Gleichstromleistung des Trägers und mit N_m die des Modulators bezeichnet wird:

$$\eta_M = \frac{\mathfrak{N}_{tr}\left(1 + \frac{m^2}{2}\right)}{N_{tr} + N_m}. \quad (180)$$

Für die Röhrenwahl ist allerdings nicht die mittlere Trägerleistung nach Gleichung (179) ausschlaggebend, sondern die maximale Trägerleistung während der positiven Modulationsspitzen (Oberstrichleistung). Nach Bild 355 a und Gleichung (170) gilt für den Augenblickswert der Trägerleistung:

$$\mathfrak{N}_{tr}' = \frac{\hat{u}_{tr}' \cdot \hat{i}_{tr}'}{2} = \frac{\hat{u}_{tr} \cdot \hat{i}_{tr}(1 + m\cos\omega_m t)^2}{2} \quad (181)$$

oder unter Berücksichtigung von Gleichung (177):

$$\mathfrak{N}_{tr}' = \mathfrak{N}_{tr}(1 + m\cos\omega_m t)^2. \quad (181\,a)$$

Die Oberstrichleistung $\mathfrak{N}_{tr}'{}_{max}$ erhält man im Augenblick der größten Trägeramplitude, das heißt für $\cos\omega_m t = 1$:

$$\mathfrak{N}_{tr}'{}_{max} = \mathfrak{N}_{tr}(1 + m)^2. \quad (182)$$

Im Augenblick der kleinsten Amplitude, das heißt für $\cos\omega_m t = -1$, ist:

$$\mathfrak{N}_{tr}'{}_{min} = \mathfrak{N}_{tr}(1 - m)^2. \quad (182\,a)$$

Bei 100%iger Modulation, das heißt für $m = 1$, ist die maximale Leistung gleich der vierfachen Trägerleistung und die kleinste Leistung ist gleich Null. Unter der Trägerleistung eines Senders versteht man im allgemeinen $\mathfrak{N}_{tr}$. Er muß jedoch bei positiven Modulationsspitzen kurzzeitig eine um den Faktor $(1 + m)^2$ größere Leistung abgeben. Die Senderöhren sind daher so zu wählen, daß sie bei der gewünschten Trägerleistung auch die positiven Modulationsspitzen (Oberstrichleistung) verarbeiten können.

Beispiel: Welche Trägerleistung $\mathfrak{N}_{tr}$ kann bei einem maximalen Modulationsgrad $m = 90\%$ mit einer Sendetriode erzielt werden, deren maximale Nutzleistung 5 kW beträgt? Welche Leistung besitzen die Seitenbänder?

Nach Gleichung (182) erhalten wir:

$$\mathfrak{N}_{tr} = \frac{\mathfrak{N}_{tr}'{}_{max}}{(1 + m)^2} = \frac{5}{(1 + 0{,}9)^2} \approx 1{,}4\,\text{kW}.$$

Für die Leistung der Seitenbänder gilt nach Gleichung (178):

$$\mathfrak{N}_s = \frac{m^2}{2}\mathfrak{N}_{tr} = \frac{(0{,}9)^2}{2} \cdot 1{,}4 \approx 0{,}56\,\text{kW}.$$

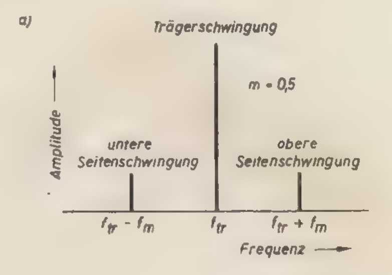
Sie ist also wesentlich kleiner als die Trägerleistung.

Amplitudenmodulation durch Überlagerung in nichtlinearen Schaltelementen

Die zur Modulation erforderliche multiplikative Verknüpfung der beiden sich beeinflussenden Schwingungen (vgl. Gleichung 173 a) wird über ein nichtlineares Schaltelement (gekrümmte Kennlinie) erreicht. Dies ist auch der wesentliche Unterschied zwischen Modulation und einfacher Überlagerung. Trockengleichrichter, Kristalldioden, Halbleiterwiderstände und Elektronenröhren besitzen solche gekrümmten Kennlinien oder Kennlinienteile. Bei Röhren ist es prinzipiell gleichgültig, ob die beiden Schwingungen der gleichen Elektrode oder zwei verschiedenen Elektroden zugeführt werden. Je nachdem, welche Elektrode zur Modulation herangezogen wird, spricht man von Katoden-, Gitter-, Bremsgitter- oder Anodenmodulation.

Die Krümmung einer Kennlinie, zum Beispiel der I_a-U_g-Kennlinie einer Triode, wird mathematisch wie folgt erfaßt:

$$i = i_0 + a_1 u + a_2 u^2 + a_3 u^3 + \ldots a_n u^n. \quad (183)$$



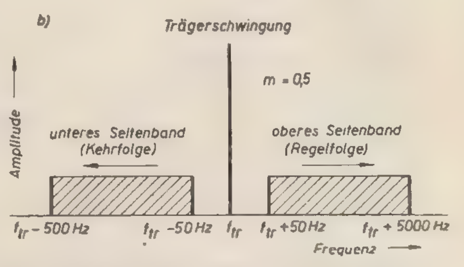


Bild 357: Frequenzspektrum einer amplitudenmodulierten Schwingung
a) Modulation mit einer einzigen Modulationsfrequenz
b) Modulation durch ein Frequenzband (50 bis 5000 Hz)

Der obige Ausdruck stellt eine Parabel n-ten Grades dar. i bedeutet den Strom und u die Steuerspannung. Für diese kann geschrieben werden:

$$u = \hat{u}_{tr} \cos \omega_{tr} t + \hat{u}_m \cos \omega_m t. \quad (184)$$

Die Koeffizienten a_1, a_2, a_3 bis a_n sind für einen gegebenen Arbeitspunkt Konstanten, die von den Eigenschaften der Kennlinie abhängen, und zwar ist i_0 der Anodenruhestrom, a_1 die Steilheit im Arbeitspunkt, a_2 die Krümmung im Arbeitspunkt usw.

Für $a_2 = 0$ verschwinden das quadratische Glied im Ausdruck (183) sowie auch alle höheren Potenzen, das heißt, die Kennlinie des Modulators ist linear. Man erhält lediglich eine Überlagerung, da nur die Frequenzen ω_{tr} und ω_m auftreten. Erst das quadratische Glied liefert eine Modulation, indem auch die Frequenzen $\omega_{tr} \pm \omega_m$ entstehen. Vernachlässigen wir die höheren Potenzen in Ausdruck (183) und berücksichtigen wir Gleichung (184), so gilt:

$$i = i_0 + a_1 (\hat{u}_{tr} \cos \omega_{tr} t + \hat{u}_m \cos \omega_m t) + a_2 (\hat{u}_{tr} \cos \omega_{tr} t + \hat{u}_m \cos \omega_m t)^2.$$

Quadrieren wir aus, so ist:

$$i = i_0 + a_1 \hat{u}_{tr} \cos \omega_{tr} t + a_1 \hat{u}_m \cos \omega_m t + a_2 \hat{u}_{tr}^2 \cos^2 \omega_{tr} t + 2 a_2 \hat{u}_{tr} \hat{u}_m \cdot \cos \omega_{tr} t \cos \omega_m t + a_2 \hat{u}_m^2 \cos^2 \omega_m t.$$

Schreiben wir für $2 \cos^2 \omega_{tr} t = 1 + \cos 2\omega_{tr} t$ und für $2 \cos^2 \omega_m t = 1 + \cos 2\omega_m t$, so erhalten wir unter Berücksichtigung von Ausdruck (174) schließlich:

$$i = \left[i_0 + \frac{a_2}{2} (\hat{u}_{tr}^2 + \hat{u}_m^2) \right] + a_1 \hat{u}_{tr} \cos \omega_{tr} t + a_1 \hat{u}_m \cos \omega_m t + a_2 \hat{u}_{tr}^2 \cos 2\omega_{tr} t + a_2 \hat{u}_m^2 \cos 2\omega_m t + a_2 \hat{u}_{tr} \hat{u}_m \cos (\omega_{tr} + \omega_m) t + a_2 \hat{u}_{tr} \hat{u}_m \cos (\omega_{tr} - \omega_m) t.$$

Eine exakte mathematische Behandlung der ersten drei Glieder im Ausdruck (183) ergibt also folgende Frequenzen:

1. Das lineare Glied $i_0 + a_1 u$ liefert ω_{tr} und ω_m.
2. Das quadratische Glied $a_2 u^2$ liefert zusätzlich $2\omega_{tr}$, $2\omega_m$ und $\omega_{tr} \pm \omega_m$.

Da der Anodenschwingungskreis des Modulators (Bild 358a) auf die Trägerfrequenz ω_{tr} abgestimmt ist, hat er nur für die Frequenzen um ω_{tr} einen großen Widerstand. Für alle anderen Frequenzen wirkt er als Kurzschluß, so daß keine nennenswerte Spannung entstehen kann. Es bleiben also nur folgende Schwingungen übrig: ω_{tr}, $\omega_{tr} + \omega_m$ und $\omega_{tr} - \omega_m$.

Die obigen Ausführungen gelten nur dann, wenn die nichtlineare Kennlinie des Modulators eine quadratische Parabel ist. Da diese Voraussetzung meist nicht erfüllt wird — zum Beispiel bei C-Betrieb —, ist es notwendig, auch die höheren Potenzen im Ausdruck (183) zu berücksichtigen. Die dritte Potenz $a_3 u^3$ liefert zusätzlich folgende Frequenzen:

$$3\omega_{tr}, \; 2\omega_{tr} \pm \omega_m, \; \omega_{tr} \pm 2\omega_m, \; 3\omega_m.$$

Infolge der Siebwirkung des Anodenschwingungskreises bleiben allerdings wieder nur folgende Frequenzen übrig: ω_{tr}, $\omega_{tr} \pm \omega_m$ und $\omega_{tr} \pm 2\omega_m$. Die modulierte erste Oberschwingung des Trägers $2\omega_{tr} \pm \omega_m$ wird kurzgeschlossen. Es kommen jedoch die Seitenschwingungen $\omega_{tr} \pm 2\omega_m$ hinzu, die nichtlineare Verzerrungen zur Folge haben und einen Modulationsklirrfaktor verursachen. Dieser darf bei 100%iger Modulation 8% nicht übersteigen.

Das Ausgangsspektrum eines Amplitudenmodulators bei Berücksichtigung der vierten Potenz der nichtlinearen Kennlinie zeigt Bild 358b.

Neben den bereits erwähnten Oberschwingungen der Träger- und Modulationsfrequenz entstehen zusätzlich noch folgende Frequenzen:

$$4\omega_{tr}, \; 3\omega_{tr} \pm \omega_m, \; \omega_{tr} \pm 3\omega_m, \; 4\omega_m.$$

Das zu übertragende Frequenzband wird somit immer breiter. Die dabei entstehenden Oberschwingungen entziehen der modulierten Schwingung die Energie und stören die Nachbarsender. Man wird daher bestrebt sein, sie durch richtige Einstellung des Arbeitspunktes möglichst klein zu halten. Glücklicherweise nehmen die Amplituden der Oberschwingungen mit der Ordnungszahl ständig und rasch ab, das heißt je höher die Kombinationsfrequenz $q\omega_{tr} \pm p\omega_m$ ($p = q = 0, 1, 2, 3, 4 \ldots n$), desto kleiner auch ihre Amplitude. Eine übersichtliche Zusammenstellung der entstehenden Kombinationsfrequenzen zeigt Tabelle XII.

Tabelle XII

Kombinationsfrequenzen bei Amplitudenmodulation in nichtlinearen Schaltelementen

Nutzschwingungen	Trägerfrequenz f_{tr}
	Seitenfrequenzen $f_{tr} \pm f_m$
Störschwingungen	Modulationsfrequenz f_m
	Oberschwingungen der Modulationsfrequenz $p \cdot f_m$
	Oberschwingungen der Trägerfrequenz $q \cdot f_{tr}$
	Modulierte Oberschwingungen des Trägers $q \cdot f_{tr} \pm p \cdot f_m$

Modulationskennlinie

Der Modulationsvorgang wird zweckmäßig mit Hilfe der sogenannten Modulationskennlinie beurteilt. Sie stellt die Abhängigkeit der Trägeramplitude (Strom oder Spannung) von der Amplitude der modulierenden Größe dar. Die ideale Modulationskennlinie ist eine Gerade (vgl. Bild 359, Kurve a). Die Trägeramplitude ist in diesem Falle bis zum höchsten Modulationsgrad ($\dot{m} = 100\%$) proportional der Modulationsamplitude (Amplitudenhub).

Praktisch wird eine lineare Modulationskennlinie kaum erzielt werden können. Bei hohem Modulationsgrad tritt fast immer eine Nichtlinearität auf (vgl. Bild 359, Kurve b), welche die Proportionalität von Träger- und Modulationsamplitude stört (vgl. auch Bild 367, 369 und 372). Zur Vermeidung der dadurch entstehenden nichtlinearen Verzerrungen wird man oft auf eine Aussteuerung dieser Kennlinienteile verzichten müssen.

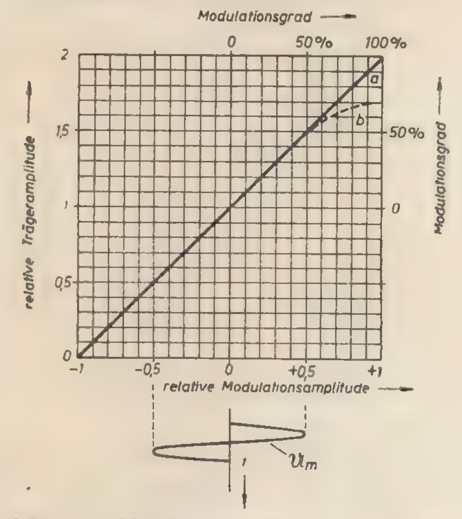


Bild 359: Modulationskennlinie eines Amplitudenmodulators
Kurve a: idealer Verlauf
Kurve b: nichtlinearer Verlauf

Die Linearität eines Modulators hängt im wesentlichen von der richtigen Arbeitspunkteinstellung, das heißt vom Stromflußwinkel und von der Aussteuerung ab. Sie wird am zweckmäßigsten durch Messungen nachgeprüft.

Modulationsstufe (Senderverstärker)

Die Amplitudenmodulation des Senders erfolgt in einer Leistungsstufe (meist in der Ausgangsstufe), da eine unmittelbare Modulation im Oszillator (Steuersender) aus Gründen der Frequenzstabilität nicht möglich ist. Der Senderverstärker arbeitet im B- oder C-Betrieb mit Gitterstrom und seine Aussteuerungsverhältnisse sind so gewählt, daß eine optimale Leistung mit möglichst hohem Wirkungsgrad erzielt wird.

Die stark verzerrten Anodenstromschwingungen (vgl. Bild 361) werden im Gegensatz zu den sinusförmigen Schwingungen des A-Betriebes, die als Stromschwingungen erster Art bezeichnet werden, Stromschwingungen zweiter Art genannt. Sie können in eine sinusförmige Grundschwingung $\mathfrak{J}_{a1}$ mit Gleichstromanteil I_a und eine Anzahl von Oberschwingungen zerlegt werden [vgl. DEUTSCHE FUNK-TECHNIK Nr. 2 (1954) S. 57].

Wird fortgesetzt

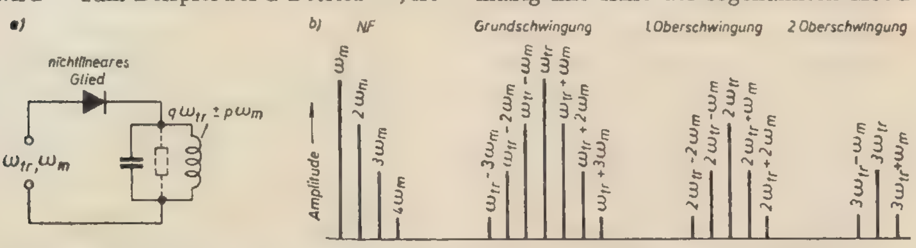


Bild 358: Amplitudenmodulation durch Überlagerung in nichtlinearen Schaltelementen
a) Prinzipschaltung, b) Frequenzspektrum

Literaturkritik und Bibliographie

Hans Sutaner

Einkreis-Empfänger

Franzis-Verlag, München

64 Seiten, 65 Bilder, 3 Tabellen

Heft 74 der Radio-Praktiker-Bücherei

Dieser Band der Radio-Praktiker-Bücherei befaßt sich mit einer Empfängergattung, deren Bedeutung zwar stark zurückgegangen ist, die aber als billigster Typ in den Reparaturwerkstätten nach wie vor zu finden ist. Nicht nur für den angehenden Rundfunkmechaniker, sondern überhaupt für jeden, der sich in die Empfangstechnik einarbeiten will, ist der Einkreiser das geeignetste Gerät, um die ersten Erfahrungen und Kenntnisse zu erwerben. Deshalb ist die vorliegende systematische Darstellung des Einkreisers sehr zu begrüßen, vor allem, da sie die Schaltungs- und Aufbaueinzelheiten gründlich erörtert. Der zweite Teil des Buches bringt eine Auswahl vollständiger Einkreiserschaltungen für Wechselstrom-, Allstrom- und Batteriebetrieb, und zwar sowohl ältere und moderne Industrieschaltungen als auch für den Selbstbau geeignete Bastlerschaltungen.

Ernst Nieder

Der Selbstbau von Meßgeräten für die Funkwerkstatt

Franzis-Verlag, München

64 Seiten, 29 Bilder

Heft 77 der Radio-Praktiker-Bücherei

Wenn in den Werkstätten weniger Reparaturen durchzuführen sind, beschäftigen sich vor allem die jüngeren Kräfte mit dem Selbstbau der verschiedenartigsten Meß- und Prüfgeräte. Auf diesem Gebiet verfügt der Verfasser über reiche Erfahrungen, die er in dem vorliegenden Buch großzügig weitergibt. Man erfährt in allen Einzelheiten, worauf es beim Bau von Meßgeräten ankommt, wird mit dem Entwurf, dem Aufbau, dem Eichen, der Überwachung und Wartung vertraut gemacht und lernt zahlreiche Kniffe kennen. Ein Buch, das vor allem für die jüngeren Praktiker bestimmt ist.

A. Däschler und G. Schilplin

Elektronenröhren

2., erweiterte Auflage

Verlag Christiani, Konstanz

168 Seiten, 169 Bilder, 35 Tabellen

Ein Buch, seiner ganzen Anlage nach nicht für den Röhrenfachmann und für den Physiker bestimmt, sondern für den Techniker der Rundfunkindustrie und des -handels. Es gibt einen orientierenden Überblick über Wesen und Art der Rundfunk-, Fernseh- und Spezialröhren. Nach einer Erklärung der physikalischen Begriffe und der Wirkungsweise der Elektronenröhren werden der Aufbau, die konstruktiven Ausführungen und die Herstellung der Röhren besprochen. Die modernen Röhren kommen dabei allerdings etwas zu kurz. So werden die alten Quetschfußröhren zum Beispiel mit 23, die Stahlröhren mit 15 Zeilen, die Miniaturröhren aber nur mit einer und die Novalröhren mit vier Zeilen behandelt. Ausführlich wurde auf die Röhrengrößen S, D, R_i, die Entstehung und Auswertung der Kennlinien sowie die Funktion der Röhren in den Schaltungen eingegangen. Ausgehend von den Trioden über die Mehrgitterröhren und die Verbundröhren werden die einzelnen Röhrenarten und ihr praktischer Einsatz gut und zuverlässig klargelegt.

Im letzten Drittel des Buches werden die Röhren für Spezialzwecke beschrieben und ausführlich auf die Röhren für UKW, Dezimeter- und Zentimeterwellen eingegangen. Es muß hierbei allerdings befremden, daß man für die Scheibenröhren den in Deutschland ungebräuchlichen englischen Ausdruck „Disc-seal-Röhren" verwendet. Der Satz auf Seite 118: „Bei den Laufzeitröhren, auch Klystron genannt ...", erweckt den Eindruck, als ob das Klystron die einzig mögliche Laufzeitröhre ist. In Wirklichkeit ist das Klystron ja nur eine Art der Laufzeitröhren. Der Besprechung der Röhren für FM-Empfang sind etwa drei Seiten vorbehalten. Es ist klar, daß da die Funktionen der Röhren für diesen Zweck nur kurz behandelt werden konnten. Während zum Beispiel die AM-Demodulation durch Dioden auf zwei Seiten und die Netzgleichrichtung auf drei Seiten erklärt wurden, werden der Phasendiskriminator nach Foster-Seeley und der Ratiodetektor nur erwähnt, ihr Arbeiten aber nicht erklärt. Das ist bei der jetzigen Bedeutung des FM-Empfanges eine gewisse Diskrepanz. Die ausführliche Erklärung der Arbeitsweise der EQ 80 dagegen wäre nicht so wichtig gewesen, da diese Röhre kaum noch verwendet wird. An das Kapitel über UKW- und FM-Empfang schließt sich eine Besprechung der Katodenstrahlröhren, insbesondere der Bildröhren, sowie der sonstigen Spezialröhren eines Fernsehempfängers an. Wünschenswert wäre es, gerade solche Fernsehröhren wie die Schaltröhre und die Boosterdiode etwas ausführlicher zu behandeln. Zu begrüßen ist, daß auch Röhren wie Fotozellen, Widerstandszellen, Ikonoskope, das Vidikon und gasgefüllte Röhren (gasgefüllte Gleichrichterröhren, Stabilisatoren und Glimmröhren, Thyratrons, Geiger-Müller-Zählrohre, Blitzlichtlampen) erklärt werden. Diese Röhren sowie die anschließend behandelten Senderöhren, Röntgenröhren, Langlebensdauerröhren, die Dekadenzählröhre, Sekundäremissionsröhren, Bildwandler und Elektrometerröhren gewinnen ja mit dem weiteren Ausbau der elektronischen und industriellen Anlagen steigende Bedeutung. Gerade für die Ingenieure und Techniker der Industrie, die nicht im Hochfrequenzgebiet oder im Nachrichtenwesen arbeiten, die aber mit dem weiteren Ausbau der industriellen Elektronik mit Röhren in Berührung kommen, dürfte dieses Buch durch die Art seiner Anlage eine willkommene Einführung in das Gebiet der Elektronenröhren und ihren Anwendungsmöglichkeiten sein.

Hervorzuheben ist die hervorragende Ausstattung des Buches. Daß die zahlreichen Bilder stets am Rand herausgerückt sind, erhöht die Übersichtlichkeit. Weiterhin sind auch bei der Besprechung der einzelnen Röhrenarten die wichtigsten Röhren jeweils mit den notwendigsten Kenndaten aufgeführt. Zu wünschen wäre, daß bei einer Neuauflage ein Stichwortverzeichnis am Schluß des Buches eingefügt wird; das ausführliche Inhaltsverzeichnis am Anfang kann es nicht ersetzen. *Kunze*

L. Hildebrand

Elektronische Fernsteuerungen für Flug-, Auto- und Schiffs-Modelle

Jakob Schneider Verlag, Berlin-Tempelhof,

3. Auflage, 1954

62 Seiten, 65 Bilder, 15 × 21 cm, brosch.

Als jüngster Zweig des drahtlosen Amateurwesens erfreut sich die elektronische Fernsteuerung von Flug-, Auto- und Schiffsmodellen bereits großer Beliebtheit. Lange Zeit gab es jedoch für den Amateur keine Anleitung für die technische Seite dieses neuen Massensportes, und der Amateur mußte sich meist mühsam und oft über den Umweg kostspieliger Versuche die notwendigen technischen Einzelheiten und Erfahrungswerte zusammensuchen. Diese Lücke schloß das vorliegende Bändchen, das jetzt in 3., verbesserter Auflage erschienen ist.

In leichtverständlicher Weise wird eine knappe Einführung in die elektronische Fernsteuerung von Modellen aller Art gegeben, die es auch dem Anfänger leicht macht, sicher arbeitende Fernsteuerungsanlagen zu bauen und zu betreiben. Es wird keineswegs nur Theorie geboten, sondern es steht immer die Praxis im Vordergrund. An Hand von zahlreichen Beispielen sind viele wertvolle Unterlagen und Hinweise zusammengetragen worden. Fotos und Skizzen helfen beim Nachbau von erprobten Anlagen, so daß auch der Anfänger Fehlschläge vermeiden kann. Die Darstellung beschränkt sich auf das, was zum Modellsport unumgänglich erforderlich ist, wobei Sender- und Empfängerschaltungen, Antennenfragen, Relais und Steuermaschinen zweckentsprechend behandelt werden. Die praktischen Unterlagen sind für die Fernsteuerfrequenz von 27,12 MHz ($\lambda = 11$ m) zugeschnitten. Druck und Ausstattung des Bändchens sind gut. Alle Freunde der elektronischen Modellfernsteuerung werden es zweifellos gern und mit Erfolg benutzen. *Springstein*

L. Hildebrand

Dezimeter- und Kurzwellen-Technik für Modell-Fernsteuerungen und Demonstrationsversuche

Jakob Schneider Verlag, Berlin-Tempelhof, 1954

76 Seiten, 78 Bilder, 15 × 21 cm, brosch.

In Deutschland steckt die Benutzung der Dezimeterwelle 64,5 cm für elektronische Fernsteueranlagen noch in den Anfängen. Dies liegt offensichtlich darin begründet, daß sich die Fernsteueramateure nicht recht an die Dezitechnik heranwagen, obwohl gerade die Dezimeterwellen für derartige Zwecke besonders geeignet sind, was ja aus der kommerziellen Technik hinreichend bekannt ist. Diese neue Broschüre will daher zeigen, welche Möglichkeiten das Dezimeterwellenband für den Fernlenkbetrieb und für Demonstrationszwecke bietet. In knapper Darstellung wird eine Einführung in die Dezitechnik gegeben, soweit sie für die amateurmäßige Fernsteuerung wichtig ist. Besonders interessant werden für viele Amateure die Unterlagen für die Praxis sein. Es werden unter anderem ein Dezimetersender mit der Röhre RL 2,4 T 1 oder DC 70 oder EC 81, ein Gegentaktsender in Gitterbasisschaltung und als Empfänger ein Dezipendler mit der Röhre DC 70 eingehend beschrieben. Auch die dazu notwendige Dezimeßtechnik kommt nicht zu kurz. Ein 40 Versuche umfassendes Programm soll schrittweise helfen, mit den Eigenheiten der Dezitechnik bekannt und vertraut zu werden. Im letzten Drittel der Broschüre werden als Ergänzung zum oben besprochenen Bändchen ausführlich neue Schaltungen für die Fernsteuerung im 11-m-Band gebracht.

Dieses Bändchen stellt nicht nur für den Fernlenkamateur eine wertvolle Ergänzung zur Einführung in die „Elektronische Fernsteuerung" dar, sondern es ist außerdem, wie jenes, eine empfehlenswerte Anleitung für alle, die an hochfrequenten Demonstrationsversuchen interessiert sind. *Springstein*

Emil Braunweiler

Physik ohne Zahlen

7. Auflage

Carl Hanser Verlag, München

216 Seiten, 183 Bilder, DIN C 4

Warum ist − 273,2° C die tiefste Temperatur, was ist ein Magnet, wozu dienen Elektronenröhren, wie breitet sich das Licht aus, was ist ein Transformator? Auf diese und noch viele andere Fragen gibt das Buch von Braunweiler in Form eines Zwiegespräches recht unkompliziert, ohne schwierige Berechnungen und mathematische Formeln Auskunft.

Der Verfasser setzt nicht die geringsten physikalischen Kenntnisse oder praktischen Erfahrungen voraus und schafft dem Leser einen umfassenden Überblick, indem er das Wesentliche vom Unwesentlichen befreit. Beim Lesen des Buches wird man angeregt unterhalten und mit den Geheimnissen vieler natürlicher und menschlicher Einrichtungen vertraut gemacht. Da nicht die zahlenmäßig begründete Einsicht des Fachphysikers vermittelt, sondern eine bescheidenere obgleich auch schwierigere Aufgabe erfüllt wird, dürfte das populäre Werk sehr viele Interessenten finden. Auch das Erscheinen der 7. Auflage beweist bereits, daß der Versuch, dem Leser mit geringem physikalischem Schulwissen ohne Zahlen und schwere Rechnungen die physikalischen Vorgänge allgemein verständlich darzustellen, voll und ganz gelungen ist. *Läubrich*

D. D. Satschkow

Anleitung zum Konstruieren von Rundfunkempfängern und anderen Funkgeräten

Übersetzung aus dem Russischen

Fachbuchverlag, Leipzig

224 Seiten, 132 Bilder, 5 Anlagen, DIN C 5

Halbleinen 7,80 DM

Helmut Pitsch

Einführung in die Rundfunkempfangstechnik

Akademische Verlagsgesellschaft

Geest & Portig, Leipzig

233 Seiten, 289 Bilder, 14,— DM

Chronik der Nachrichtentechnik

Von Dipl.-Ing. HANS SCHULZE-MANITIUS

1859

Das Morsefernmeldesystem wird durch die Einführung des Meidinger-Elementes verbessert.

1859

G. Planté gibt dem Akkumulator eine technisch brauchbare Form.

20. 1. 1859

Der Berliner Verlagsbuchhändler Fr. Appelius erhält für Preußen das am 15. 4. 1857 beantragte Patent auf den von dem Italiener Caselli 1855 erfundenen Kopiertelegrafen (Pantelegrafen) zum Übertragen von Schrift und Bildern mit synchronen Pendeln.

9. 7. 1859

Der Physiker Wilhelm Hallwachs wird in Darmstadt geboren. Er entdeckte 1888 den „Hallwachs-Effekt" (lichtelektrischen Effekt), der für die drahtlose Telegrafie und den Rundfunk von Bedeutung wurde. Er wurde 1900 ordentlicher Professor und später Rektor an der Technischen Hochschule in Dresden. Er starb am 20. 6. 1922 in Dresden.

13. 8. 1859

Professor Hankel in Leipzig legt der Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften die erste Abhandlung des Privatdozenten Wilhelm Feddersen „Über elektrische Wellenbewegung" vor, die für die Entwicklung der drahtlosen Telegrafie und Telefonie grundlegend wurde.

1860

Das indische Telegrafennetz hat einen Umfang von 2383 geografischen Meilen (= 17682 km). Die eisernen Telegrafenstangen bestanden aus Walzblech oder aus Gußröhren. Die Apparate waren Morsesche Lautapparate, bei denen die Zeichen nicht wie bei den Schreibapparaten auf einen Papierstreifen übertragen, sondern die zu signalisierenden Buchstaben dem empfangenden Beamten durch längere oder kürzere Glockentöne zu Gehör gebracht wurden. Der Telegrafenbeamte mußte diese durch Glockentöne übermittelten Buchstaben erst aufschreiben und in Worte zusammensetzen, was der Morsesche Schreibapparat selbst tat. Falsches oder flüchtiges Hören konnte bei der Aufnahme zu Fehlern führen, wie beim Zeigertelegrafen durch falsches Sehen des schnell umlaufenden Zeigers. Die Lautapparate hatten jedoch den Vorteil, daß man mit ihnen auf größere Entfernungen direkt und sicher telegrafieren konnte als mit den Schreibapparaten. So konnten Telegramme auf dem 2575 km weiten Weg zwischen Bombay und Kalkutta ohne Zwischenschaltung von Übertragungsapparaten gesendet werden.

1860

Nach den verschiedenen mißglückten Versuchen, ein Transozeankabel zwischen New York und London zu legen und nachdem man die Unmöglichkeit einer solchen Kabelverbindung nachzuweisen versucht hatte, stellen in Frankreich Rowett, Lonneau, Trotter und Curtis ein neues Projekt zur telegrafischen Überwindung des Atlantischen Ozeans auf. Sie wollten innerhalb von drei Jahren ein neues Transozeankabel zwischen Frankreich und den Vereinigten Staaten legen und garantierten eine jährliche Bruttoeinnahme von 1 Million Franken.

Um diese Zeit wurden eine ganze Reihe weiterer Vorschläge für Transozeankabel gemacht: Ein amerikanisches Projekt sah z. B. die Linie von Quebeck durch Labrador, die Davis-Straße, Grönland, das Eismeer, über Island nach den Faröer-Inseln, Norwegen und andererseits nach Neuschottland vor, Allaw u. Gen. in England schlugen die Linie Irland-Neuschottland vor, eine englische Gesellschaft projektierte eine Verbindung von Lands End in Großbritannien nach den Azoren und von dort nach Neuschottland, dänische, spanische und deutsche Ingenieure schlugen die Linie von Florida über Kuba, Haiti, Portoriko, St. Thomas, Kap Verde und längs der afrikanischen Küste oder bei den Kanarischen Inseln vorbei nach Portugal vor, eine von englischer Seite vorgeschlagene Linie ging von Großbritannien direkt nach den Vereinigten Staaten und eine weitere von Charleston in Südkarolina nach den Bermuda-Inseln, den Azoren und dann nach Portugal oder Frankreich. Die längste dieser vorgesehenen Linien war die südlichste, die kürzeste die nördlichste.

1860

Zwischen Skutari und Mossul wird eine Telegrafenlinie für den Verkehr in türkischer Sprache eröffnet.

1860

James Clark Maxwell wird Professor der Physik in London.

1860

Die persische Regierung leitet Verhandlungen mit der türkischen Regierung ein, um die Telegrafenlinie von Bagdad nach Teheran zu verlängern. Eine zweite Linie, die auch nach Diarbekir abzweigen sollte, wurde zwischen Erzerum und Täbris geplant, ebenso eine Linie zwischen Täbris und Tiflis. Da weiter eine Telegrafenlinie von Diarbekir nach Aleppo und von dort nach Beirut und Damaskus errichtet wurde, erhielt Syrien unmittelbare telegrafische Verbindung mit Konstantinopel (Istanbul).

1860

Auf der Telegrafenlinie zwischen Paris und Amiens werden Versuche mit einem neuen Telegrafenapparat angestellt, mit dessen Hilfe die Telegramme genau in den Schriftzügen des Aufgebers übermittelt wurden. Durch die Vorrichtungen dieses neuen, von dem Italiener Caselli erfundenen Bildtelegrafenapparates (siehe 1855) konnten auch Zeichnungen, Portraits usw. mit der größten Genauigkeit von einem Punkte zum anderen telegrafiert werden.

1860

Philipp Reis beschäftigt sich eingehend mit der Untersuchung der Gehörtätigkeit und kommt dabei auf den Gedanken, die Luftschwingungen des erzeugten Tones in elektrische Stromstöße umzusetzen und dann auf weitere Entfernungen fortzuleiten. Das Telegrafieren war bekannt, er wollte auch das gesprochene Wort übertragen können. Zu seinen ersten Versuchen nahm er ein altes Faß, spannte über dessen Spundloch eine Tierblase, ließ gegen diese Membrane das eine Ende eines Winkelhebels drücken, dessen anderes Ende eine Blattfeder berührte. Durch Schallwellen wurde die Membrane in Schwingungen gebracht und mit ihr der Hebel, wodurch der Federkontakt einen Stromkreis in der Frequenz der Schwingung öffnete und schloß. Die erzeugten Stromstöße führte Reis durch eine über eine Stricknadel gewickelte Drahtspule. Die rhythmischen Stromstöße erteilten der im Schalloch einer Geige steckenden Stricknadel rhythmische Schwingungen, der Geigenkasten war der Resonator, und die Schwingungen verwandelten sich in Töne. Durch Anbringen der Membrane hinter einem Schalltrichter auf dem Deckel einer Zigarrenkiste konnte er gesprochene Worte auf 100 Schritte verständlich machen. Für seine Erfindung lag damals aber noch kein Bedarf vor. Im privaten Verkehr benutzte man die Briefpost, in eiligen Fällen konnte man telegrafieren. Das Telefon kam erst später mit der Entwicklung der Großstädte auf, für deren inneren Privat- und Geschäftsverkehr auch Telegraf und Rohrpost zu langsam waren.

1860

Es wird der Plan gefaßt, eine neue Telegrafenlinie von Paris nach London zu legen, die über Dieppe und New-Haven verlaufen sollte. Nach Fertigstellung dieser Linie waren Frankreich und England durch 12 Telegrafendrähte miteinander verbunden, nämlich durch vier über Calais und Dover, vier über Boulogne und Folkestone und vier über Dieppe und New-Haven. Durch die letzteren wurden Lyon, Bordeaux und Marseille direkt mit London verbunden. Außerdem bestand noch eine Linie über die Inseln Jersey und Guernsey.

1860

Es wird versucht, abermals Europa und Afrika durch Unterseekabel im Mittelmeer miteinander zu verbinden, und zwar die balearischen Eilande Toulon mit Algier und über Korsika, Sardinien und Sizilien, Genua mit der nordafrikanischen Küste. Aber auch dieser Plan schlug nach Aufwendung großer Geldsummen fehl. Für das von Toulon nach Algier führende Unterseekabel gaben die Franzosen von 1860 bis 1866 etwa 3 Millionen Franken aus. Die Kabelverlegungen schlugen jedoch fehl, da das Mittelmeer sehr erhebliche Unterschiede mit außerordentlich schroffen Abfällen und Anstiegen in den Meerestiefen zwischen 60 und 900 Metern aufweist.

1860

In London wird die „Universal-Private-Telegraph-Company" gegründet.

Diese Gesellschaft wollte besonders einem Mangel der Telegrafie abhelfen, daß man zum Senden von Telegrammen auf fremde Hilfe angewiesen war. Der Minister sollte sich in seinem Kabinett mit einem Gesandten seiner Regierung in einem fremden Lande ebenso unterhalten können, als wenn beide in demselben Zimmer wären, und ein Kaufmann sollte von seinem Hause aus mit einem selbst weit entfernten Büro seinen geschäftlichen Verkehr durchführen können.

Zu diesem Zweck wurden Kabel durch die Straßen der Stadt verlegt, von denen Einzeldrähte in die verschiedenen Häuser abgezweigt wurden. Die Gesellschaft vermietete diese Drähte jedem Interessenten für 4 Pfund Sterling je englische Meile jährlich, so daß jeder Geschäftsmann mit seinem Büro, die Büros verschiedener Geschäftsleute untereinander usw. miteinander telegrafisch verkehren konnten. Jeder Mieter erhielt seinen eigenen Draht für seinen ausschließlichen Gebrauch, so daß jede fremde Einmischung ausgeschlossen wurde. Für die Instrumente wurde eine besondere Miete erhoben, jährlich 6 Pfund Sterling für einen Instrumentensatz.

Mit dieser Einrichtung, mit der das Telegrafieren sehr einfach war, wurden dann auch die Polizeistationen untereinander verbunden sowie die verschiedenen Regierungsbüros, auch zu den Feuerwehrstationen wurden solche Telegrafiereinrichtungen geschaffen.

Der Universaltelegraf bestand aus mehreren Apparaten. Der eine Apparat, der „Kommunikateur", diente zum Senden, der zweite, der „Indikateur", zum Empfangen der Telegramme.

Der Sendeapparat war ein kleiner, viereckiger Kasten, auf dessen oberer Seite ein durch Glas verdecktes rundes Zifferblatt angebracht war. Dieses war in 30 gleiche Zwischenräume für 26 Buchstaben des Alphabetes und vier Interpunktionszeichen eingeteilt, ein innerer Kreis trug die Zahlen. Ein in der Mitte angebrachter, durch Mechanismus beweglicher Zeiger diente zum Einstellen auf die gewünschten Buchstaben oder Zahlen. Bei einem leisen Druck mit dem Finger auf eine dem Buchstaben gegenüber befindliche knopfähnliche Taste hielt der Zeiger in seinem Umlauf dort an, bis eine andere Taste niedergedrückt wurde. Beim Niederdrücken der Taste lief der elektrische Strom durch die Drahtleitung zum Empfangsapparat und zeigte dort auf einem ebensolchen Zifferblatt denselben Buchstaben an. Der Empfänger brauchte also nur die einzelnen, auf seinem Apparat vom Zeiger angezeigten Buchstaben der Reihe nach aneinanderzusetzen und empfing so die gewünschte Depesche.

Im Inneren des Sendeapparates befanden sich den Polen eines konstanten Magneten gegenüber in fast unmittelbarer Berührung mit denselben zwei Elektromagneten aus weichem Eisen, die mit dünnem Kupferdraht umwickelt waren. Diese Elektromagneten wurden durch einen Hebel gedreht, so daß durch Induktion ein elektrischer Strom entstand. Die das Telegramm sendende Person brauchte daher nur mit der rechten Hand den Hebel zu drehen und mit der linken Hand die einzelnen Tasten nacheinander niederzudrücken, um das Telegramm zu senden. Eine mit dem Empfangsapparat verbundene Glocke gab dem Empfänger das Zeichen, daß für ihn ein Telegramm gesendet werden soll. Bei einiger Übung konnte man in der Minute 100 Buchstaben telegrafieren.

1860

Der Amerikaner David Drawbaugh baut eine Vorrichtung, um Laute auf elektrischem Wege zu übertragen, also eine Art Telefon.

Weltkarte mit der Aufteilung in einzelne Gebiete für die Amateurberatung (siehe 2. Umschlagseite dieses Heftes)


Tisch-
Frequenzmesser
komb. mit Voltmeter
Frequenzmesser für Frequenzen 7-600 Hz
GBD
Gebr. Bässler
Elektrische Meßgeräte






PRESSLER
DGL
PHOTOZELLEN
GLIMMLAMPEN
STABILISATOREN
BLITZRÖHREN
SPANNUNGSPRÜFER
57 JAHRE VAKUUM TECHNIK
DEUTSCHE GLIMMLAMPEN-GES. PRESSLER
LEIPZIG C1. BERLINER STR. 69